COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-QUINZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1942.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1942

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUILLET 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, le mardi 14 juillet étant jour férié, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 15 au lieu du lundi 13.

M. **Alfred Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Les Glaucophanites de la Nouvelle-Calédonie et les roches qui les accompagnent. Leur composition et leur genèse.*

Il paraîtra dans le Tome 65 des *Mémoires de l'Académie.*

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Explication simple de plusieurs particularités des molécules.* Note (1) de M. **Henri Deslandres.**

J'ai étudié longuement et par l'observation seule le rayonnement infrarouge et surtout le rayonnement infrarouge lointain des molécules, de leurs atomes et groupes d'atomes, rayonnement révélé par les spectres Raman, et j'ai exposé les derniers résultats dans 29 Notes des *Comptes rendus* depuis 1930. J'ai même annoncé trois lois simples de ce rayonnement, vérifiées sur plus de 300 molécules de complexité croissante et sur quelques complexes. Pour

---

(1) Séance du 29 juin 1942.

éviter les redites, je prie le lecteur de se reporter aux Notes antérieures et surtout aux trois dernières Notes du 21 juillet, 1er et 29 décembre 1941, consacrées surtout aux molécules des êtres vivants (2).

Dans la Note actuelle je montrerai que les trois lois de ce rayonnement assurent une explication simple à plusieurs particularités des molécules, et je présenterai, sous la forme la plus générale, les principaux arrangements d'atomes et d'électrons qui, dans la molécule, émettent ses fréquences.

I. On a remarqué depuis longtemps que tous les hydrocarbures ont un nombre pair d'atomes d'hydrogène, ce qui apparaît nettement dans les formules générales des hydrocarbures à chaîne ouverte C^nH^{2n+2}, C^nH^{2n}, C^nH^{2n-2}, C^nH^{2n-4}, C^nH^{2n-6}. Or, dans ces molécules, les carbones et les hydrogènes forment deux groupes naturels qui s'opposent et s'activent mutuellement et qui, d'après les trois lois, doivent avoir le même nombre s' d'électrons activés pour émettre la même fréquence. On a, d'un côté, les $2n$ électrons des sous-anneaux extérieurs des carbones et, de l'autre côté, les $2n+2$, $2n$, $2n-2$, $2n-4$, $2n-6$ électrons des hydrogènes.

L'ionisation intérieure, simple, double ou triple, assure l'égalité des électrons activés (3), et l'on voit immédiatement que cette égalité serait impossible si le nombre des atomes d'hydrogène était impair.

Un autre arrangement de ces molécules est celui où, le nombre des atomes de carbone étant pair, les deux groupes opposés ont chacun la moitié des atomes de carbone et la moitié des atomes d'hydrogène. L'égalité des électrons s' activés est réalisée, et l'on a même trois arrangements de ce type avec les deux électrons du sous-anneau, les quatre du premier anneau et les six des deux anneaux du carbone. Si le nombre des carbones est supérieur d'une unité, l'un des groupes a en plus CH^2, ou C seulement, et l'autre groupe H^2. L'ionisation intérieure assure encore l'égalité des électrons activés, et l'on retombe sur le cas précédent.

L'étude des hydrocarbures cycliques conduit aux mêmes conclusions (4).

Comme les électrons de l'atome sont activés non un à un, mais par sous-anneaux et anneaux, on peut, avec la formule de constitution de la molécule,

---

(2) Les fréquences ν en cm^{-1} des spectres Raman publiés jusqu'ici sont comprises entre ν 30 et ν 5000, le rouge extrême de l'octave lumineux ayant la fréquence ν 12000.

On peut distinguer dans les molécules trois grandes classes, à savoir : les molécules de la matière minérale formées, les premières dans la croûte terrestre, puis les molécules des êtres vivants, d'une complexité croissante avec le temps ; enfin les molécules de synthèse, de date récente, préparées dans le laboratoire, et de plus en plus nombreuses, grâce aux progrès continus de la chimie générale et de la chimie biologique.

(3) L'ionisation intérieure augmente la stabilité de la molécule, mais l'ionisation double ou triple est plus difficile à réaliser que l'ionisation simple.

(4) La théorie de la valence peut aussi conduire aux mêmes conclusions, mais je dois ajouter que les lois de la valence des atomes peuvent être déduites des lois du rayonnement moléculaire.

prévoir d'autres arrangements des atomes et des électrons liés à une fréquence, et former ce que j'ai appelé la *liste Act.* J'ai étudié ainsi et analysé trois hydrocarbures saturés, et en particulier le dodécane $C^{12}H^{26}$ dans la Note du 21 juillet 1941.

J'annonce d'abord que le dodécane offre les trois arrangements principaux d'atomes et d'électrons qui, dans les molécules, émettent une fréquence, à savoir : 1° l'arrangement du type A^2, A étant un atome ou groupe d'atomes; 2° l'arrangement ClH ou plutôt M-pH — H^p, le nombre p étant un sous-multiple du nombre d'électrons activés de M-pH, car alors la résonance intervient pour imposer au groupe H^p la fréquence du groupe M-pH; 3° l'arrangement du type CH^2—CH^3, les nombres d'électrons de CH^2 et CH^3 étant premiers entre eux, et la fréquence émise étant en raison inverse du produit de ces nombres. La résonance intervient plus largement encore dans ce type.

Ces arrangements se rapportent surtout à des molécules hydrogénées, alors que les trois types se retrouvent dans toutes les sortes de molécules. Je suis conduit à les présenter autrement, sous une forme plus générale, et même à ajouter un quatrième type.

Le premier type est celui d'un arrangement divisible en 2 ou n groupes ayant le même nombre El d'électrons activés; je l'appellerai El—El ou El^2 ou El^n, le terme A^2 ou A^n étant réservé au cas où les 2 ou n groupes sont identiques. Ce type est le plus fréquent dans les molécules que j'ai étudiées; il est aussi en général le type des molécules très stables, et, dans ce cas, il est formé avec tous les électrons de la molécule divisés en deux groupes presque égaux, dont la différence, égale à 2, est supprimée par l'ionisation intérieure. En général, d'ailleurs, la différence entre les électrons activés des deux groupes est un petit nombre pair.

Le deuxième type, assez fréquent, correspond à l'arrangement dont les nombres d'électrons activés dans les deux parties sont inégaux, ainsi que dans la molécule ClH, mais tels que l'un d'eux est un sous-multiple de l'autre. Je l'appellerai *type* El—El/p, p étant un nombre entier; et, comme la fréquence émise est égale à $q d_1/s' r'$, d_1 étant la constante 1062, 5, s' le nombre d'électrons activés, q un nombre entier, et r' étant le nombre entier de la résonance, on voit que les deux parties ont la même fréquence si r' est égal à p. De plus, la molécule peut avoir plusieurs grouges El, et plusieurs groupes El/p, même avec des nombres p différents. On conçoit que ce type puisse comprendre des molécules lourdes.

Dans le troisième type, les deux nombres d'électrons activés El_1 et El_2 sont premiers entre eux, et, comme la fréquence émise est en raison inverse du produit de ces nombres, au moins lorsque ces nombres sont petits, je l'appellerai type $El_1 \times El_2$.

Enfin un quatrième type est désigné par $El_1—El_2$, ces deux nombres étant différents et tels qu'ils sont associés dans l'analyse à des nombres q, s' et r' différents. Dans ce cas, la loi des fréquences égales des parties est moins bien satisfaite que dans les trois autres types. Plusieurs exemples de ce quatrième type, assez fréquent, ont été présentés dans les Notes antérieures.

II. Pour compléter l'étude des hydrocarbures, j'ai analysé un hydrocarbure non saturé avec un nombre impair d'atomes de carbone, l'isoprène C^5H^8, qui est le premier terme de l'importante série des terpènes. L'arrangement $C^5—H^8$ de 10 et 8 électrons donne avec l'ionisation le nombre s' commun 9, que j'écris $9^{\pm}$, ayant adopté la convention de représenter chaque électron déplacé par l'addition de $\pm$ au nombre final s'. D'autre part, la formule de constitution $(CH^3.CH^2)C—CH{=}CH^2$ indique les arrangements $C^3H^5—C^2H^3$ et $C^2H^5—C^3H^3$; d'où les nombres s' communs 11, $9^{\pm\pm}$, $16^{\pm}$ et 9, $14^{\pm}$, $16^{\pm}$ et $19^{\pm\pm}$. Tous ces nombres se retrouvent dans l'analyse des 18 fréquences de l'isoprène et en particulier de la fréquence la plus forte ν 1640 et d'une fréquence forte ν 1296.

L'obligation d'un nombre pair d'hydrogènes imposée aux hydrocarbures s'étend aux atomes impairs dans les molécules formées avec deux atomes de nombres atomiques impair et pair, surtout si l'émission des fréquences est semblable à celle des hydrocarbures. On a ainsi les molécules H^2O, Li^2O, B^2O^3, N^2O^3 et N^2C^2, F^2Ca, Na^2O, Al^2O^3, P^2O^3, P^2O^4, P^2O^5 et Cl^2O formées avec les premiers atomes impairs et les atomes pairs C, O et Ca.

Ces molécules ont l'arrangement El^2 avec ou sans ionisation intérieure; mais d'autres molécules des mêmes atomes, NO et NO^2, dont le spectre Raman est connu, ont un seul atome impair et sont, il est vrai, peu stables. Or la fréquence unique de NO ν 1877 est un multiple de $d_1/5 \times 6$, et de $d_1/7 \times 8$; la fréquence forte de NO^2 ν 1283 est un multiple de $d_1/3 \times 8$. Ces fréquences sont dues à l'arrangement $El_1 \times El_2$.

Parmi les molécules précédentes, l'une des plus stables est l'alumine Al^2O^3, abondante dans l'écorce terrestre. Les nombres d'électrons activables dans Al^2 et O^3 sont 6, 18, 22, 26 et 12, 18, 24; d'où les nombres s' communs 6-12, 18, $23^{\pm}$ et $25^{\pm}$.

Une molécule encore plus stable et plus abondante de la Géochimie est la silice SiO^2, qui forme plus de la moitié de l'écorce. Les nombres d'électrons activables de Si et O^2 sont 2, 4, 10, 12, 14 et 8, 12, 16; d'où les nombres s' communs 4-8, 12, $9^{\pm}$, $11^{\pm}$, $13^{\pm}$ et $15^{\pm}$. Tous ces nombres et aussi les nombres d'électrons activables se retrouvent dans l'analyse des 11 fréquences de la molécule, et en particulier dans les deux fréquences les plus fortes ν 465 et ν 207. L'atome le plus lourd Si a deux électrons de moins que les atomes légers, ainsi que dans les hydrocarbures saturés.

Plusieurs molécules géochimiques OH^2, MgO, Na^2O, SiO^2, Al^2O^3, SiF^4 ont des nombres d'électrons qui sont des multiples de 10, ce qui

facilite leur union dans des molécules complexes. A l'appui on peut citer la diaspore $Al^2O^3-H^2O$ et le kaolin $H^2Al^2Si^2O^8H^2O$ décomposable en $Al^2O^3+H^2O-2SiO^2-H^2O$, qui ont des arrangements du type El—El/5 et El—E—El/6. La serpentine et la glaucomie sont rattachées aussi à El^n-E/p.(5).

III. La chlorophylle, qui est le corps le plus important du monde végétal, offre un atome Mg, relativement lourd, qui, comparable à un petit Soleil, est entouré des atomes plus légers H, C, N et O. La nature a arrêté son choix sur le magnésium qui, avec ses 12 électrons, est le corps simple qui peut le mieux vibrer en accord avec les atomes légers et en particulier avec le carbone, ses nombres d'électrons activables étant 2, 8, 10 et 12, 10 étant égal à 5×2 et 12 à 6×2.

Les hémoglobines, qui ont une composition semblable et des relations analogues, seront l'objet d'une Note spéciale.

IV. La nouvelle analyse des fréquences moléculaires est très utile; il faut donc relever et analyser le spectre Raman de tous les corps. Mais le calcul direct des nombres q et $s'r'$ de l'analyse est assez long; j'ai tourné la difficulté en calculant les tables des multiples de d_1/n, le nombre n variant de 1 à 150. Il faudrait publier ces Tables pour les mettre à la portée de tous.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Obtention d'une hémine à triazote.* Note de M. Georges Denigès.

Poursuivant mes recherches touchant la démonstration de l'étroitesse des rapports existant, dans leurs combinaisons chimiques, entre l'ion triazote $\begin{matrix}N\diagdown\\ \parallel\ \ \rangle N-\\ N\diagup\end{matrix}$ et les halogènes, je suis arrivé à obtenir, cristallisée, une hématine triazotée tout à fait comparable par son aspect, sa coloration, ses propriétés cristallographiques etc. aux hématines halogénées, dont le type le plus connu est l'hématine chlorée (chloro-hématine), désignée habituellement sous le nom d'*hémine* (cristaux de Teichmann) et si utilisée pour la diagnose médico-légale du sang.

Pour en réaliser la formation, il faut disposer d'une solution d'hémoglobine pure ou, tout au moins, exempte de chlorures. Celle que j'ai employée, dans cette étude, a été préparée comme suit :

---

(5) Les fréquences citées dans cette Note tirées des Mémoires suivants : C^5H^8 par Srinivasan, *Proc. Indian Akad.*, 2, 1935, p. 105; NO par Rasetti, *Z. Physik*, 66, 1930, p. 666; NO^2 par Bragavanta, *Nature*, 127, 1931, p. 817; SiO^2 par Kujumzelis, *Z. Physik.*, 97, 1935, p. 561.

Du sang de mouton, recueilli sur anticoagulant (oxalate de potassium), a été centrifugé. Le culot globulaire, repris trois fois par quatre volumes d'eau physiologique et centrifugé, a été traité ensuite par cinq volumes d'eau distillée. Après un contact de 2 heures, l'ensemble a été amené à pH 4,5 (précipitation des stromas) et centrifugé. La solution mère d'hémoglobine, ramenée à pH 6 environ a été soumise à la dialyse, sous pression (et à la glacière), contre de l'eau distillée, jusqu'à ce que les eaux de dialyse ne contiennent plus de chlorures.

Le titre de la solution définitive était de 6,64 % d'hémoglobine. Pour l'emploi, elle a été étendue à moitié avec de l'eau distillée.

Voici la marche suivie et recommandée pour en dériver, à coup sûr, la combinaison cherchée.

Sur une lame de verre porte-objet, on met une goutte de ce liquide, ainsi dilué, en ayant soin que son pourtour soit aussi régulièrement circulaire que possible, qu'elle ne s'étale pas sur une surface dépassant 5 ou 6^{mm} de diamètre et qu'elle présente une convexité marquée.

On arrive à ce résultat en se servant, pour le prélèvement de l'essai, d'une baguette de verre de 5^{mm} de diamètre dont l'extrémité arrondie sera plongée, sur une longueur d'à peu près 5^{mm}, dans la solution hémoglobinique, puis apportée obliquement sur la lame jusqu'à ce que la gouttelette qu'elle tient en suspension entre en contact avec elle et y reste adhérente, après le retrait de la baguette (tous ces détails minutieux ont leur importance pratique).

Au niveau de son centre on fait tomber, avec précaution, à l'aide de la pointe d'un canif, quelques parcelles (1^{mg} environ) d'azoture de sodium en poudre, puis on les disperse dans la goutte d'hémoglobine, sans étaler celle-ci, en se servant de l'effilure d'un agitateur.

Cela fait, la préparation et son support sont placés sur une plaque chauffante maintenue à une température ne dépassant pas 40°, c'est-à-dire tout à fait supportable à la main.

Après dessiccation complète, le résidu rougeâtre est couvert d'une goutte d'acide acétique cristallisable exempt d'ion Cl, puis, avant que celle-ci ne s'étale, on revêt rapidement le tout d'une lamelle couvre-objet de 20^{mm} de côté. En général, si la goutte d'acide est de volume suffisant, elle se répand dans la totalité de l'intervalle compris entre les deux lames. Dans le cas contraire, on achève de remplir cet intervalle par de nouvelles gouttes d'acide placées sur les bords de la lamelle au-dessous de laquelle elles pénètrent aisément. L'ensemble est porté sur une plaque métallique, surmontant un bain-marie bouillant, où on le laisse pendant environ 5 minutes. Au bout de ce temps, le résidu hémoglobinique est, habituellement, plus ou moins dégagé d'acide, mais ce dernier n'est pas encore complètement évaporé, ce qui, du reste, est sans inconvénient pour son examen.

En explorant alors la préparation au microscope, à des grossissements variant de 150 à 700 diamètres, on constate la présence de nombreux cristaux jaune brun, d'hématine triazotée.

Les dilutions les meilleures, pour la bonne réussite de cette technique, sont comprises entre 2 et 4 % d'hémoglobine.

Quant à la dose d'azoture de sodium, elle est encore efficace avec, seulement, quelques dixièmes de milligramme, et elle n'est pas gênante même lorsqu'elle atteint 2 ou 3^{mg}.

Le même mode opératoire (et cela rapproche encore ces diverses hémines)

s'applique à l'obtention rapide des hématines combinées au chlore, au brome ou à l'iode, mais à la condition, pour une réussite certaine de l'opération, d'employer les sels alcalins, correspondant à ces halogènes, non à l'état solide, mais sous forme de solutions (1 % pour le chlorure de sodium ; 2 % pour le bromure ou l'iodure de potassium).

L'apport de ces solutions est fait en mettant en contact la goutte d'hémoglobine, aux dilutions plus haut indiquées, avec l'extrémité de l'effilure (d'environ 2^{mm} de diamètre) d'une baguette de verre préalablement trempée sur une longueur de 2 ou 3^{mm}, au plus, dans les liquides chlorurés, bromurés ou iodurés. Le reste de l'opération est conduit comme avec l'azoture de sodium.

Dans ces différents essais, j'ai remarqué : 1° que les acides formique et propionique donnaient d'aussi bons résultats, sinon meilleurs parfois, que l'acide acétique, le premier s'appliquant surtout à une bonne formation de l'iodo-hématine et le second favorisant les dimensions de l'hématine triazotée; 2° que les diverses hématines halogénées étaient très résistantes à l'eau. Une fois formées, sous lamelle, on peut les mettre, sans les détériorer, en contact avec de l'eau distillée, alors que les halogénures alcalins employés dans la préparation et qui cristallisent eux-mêmes, quand ils sont utilisés en trop grand excès, disparaissent, en se dissolvant, lors de l'addition du véhicule aqueux.

Du reste, les cristaux d'azoture de sodium, qui pourraient être ainsi formés et qui se présentent en longues aiguilles prismatiques incolores, n'ont aucun rapport de coloration ni de forme avec ceux de l'hématine triazotée.

Il va sans dire que, lorsqu'on veut obtenir ces derniers en utilisant la technique qui vient d'être indiquée, on doit s'assurer, en premier lieu, que la solution d'hémoglobine employée étant essayée seule, c'est-à-dire sans addition d'azoture de sodium ou d'halogénures alcalins, ne fournit pas, après dessiccation, addition d'acide acétique et nouveau chauffage, des cristaux d'hémine ou qu'elle n'en donne qu'une quantité infime, si cette hémoglobine n'a pas été absolument déchlorurée.

CORRESPONDANCE.

M. Emmanuel Fauré-Frémiet prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par le décès de M. *P. Marchal.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *A propos du principe de É. Picard.* Note [1] de M. **Georges Biben**, présentée par M. Henri Villat.

Soit P un point quelconque du domaine D, dont les coordonnées sont x_0, y_0, z_0. Reprenons toutes les notations d'une précédente Note [2].

La fonction $B = m_1 \operatorname{tang} m_1(x - x_0)$, lorsque $|x - x_0| < 2\pi/m_1$, est finie et continue; de plus elle satisfait à l'équation différentielle

$$\frac{\partial B}{\partial x} - B^2 = m_1^2.$$

De même la fonction

$$B' = m_2 \operatorname{tang} m_2(y - y_0)$$

est finie et continue lorsque $|y - y_0| < 2\pi/m_2$, elle satisfait à l'équation

$$\frac{\partial B'}{\partial y} - B'^2 = m_2^2.$$

La fonction $B'' = m_2 \operatorname{tang} m_3(z - z_0)$, lorsque $|z - z_0| < 2\pi/m_3$, est finie et continue et satisfait à l'équation

$$\frac{\partial B''}{\partial z} - B''^2 = m_3^2.$$

Donc, à l'intérieur d'un parallélépipède rectangle assez petit pour que l'on ait

$$|x - x_0| < \frac{2\pi}{m_1}, \qquad |y - y_0| < \frac{2\pi}{m_2}, \qquad |z - z_0| < \frac{2\pi}{m_3},$$

on aura

$$B^2 + B'^2 + B''^2 + (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) = \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z},$$

ou bien

$$B^2 + B'^2 + B''^2 + m^2 < \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z}.$$

Donc, en tout point commun au volume V du domaine D, et au volume du petit parallélépipède, on aura

$$B^2 + B'^2 + B''^2 - \theta < \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z}.$$

En conclusion : Étant donné un domaine D, où les fonctions δ, e, f, g sont connues, on peut trouver autour de chaque point P du domaine D, un domaine assez petit D' pour qu'une fonction ψ au plus vérifie l'équation

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} + 2\delta\frac{\partial\psi}{\partial x} + 2e\frac{\partial\psi}{\partial y} + 2f\frac{\partial\psi}{\partial z} + g\psi = 0$$

---

[1] Séance du 11 mai 1942.

[2] *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 989.

en tout point du domaine D, et prenne sur la frontière F du domaine D des valeurs données.

L'équation de M. De Donder s'écrit

$$\square_2\psi - \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi^\alpha\frac{\partial\psi}{\partial x^\alpha} + \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2\left[\frac{e^2}{c^2}\Phi^\alpha\Phi_\alpha - m_0^2c^2\right]\psi = 0 \qquad (\alpha = 1, 2, 3, 4);$$

entre les Φ^α et les Φ_α existe la relation

$$\Phi^\alpha = g^{\alpha\beta}\Phi_\beta.$$

Dans le cas d'un ds^2 galiléo-euclidien, cette équation prend la forme

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} - \left[\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}\right] - \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\left[\frac{1}{c^2}\Phi_4\frac{\partial\psi}{\partial t} - \Phi_1\frac{\partial\psi}{\partial x} - \Phi_2\frac{\partial\psi}{\partial x} - \Phi_2\frac{\partial\psi}{\partial y} - \Phi_3\frac{\partial\psi}{\partial z}\right] + \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2\left[\frac{e^2}{c^2}\Phi^\alpha\Phi_\alpha - m_0^2c^2\right]\psi = 0;$$

l'approximation newtonienne consiste à poser $1/c^2 = 0$; dans ces conditions nous obtenons l'équation

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} + \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi_1\frac{\partial\psi}{\partial x} + \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi_2\frac{\partial\psi}{\partial y} + \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi_3\frac{\partial\psi}{\partial z} - \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2 m_0^2c^2\psi = 0.$$

D'après ce que nous avons dit plus haut, on peut trouver un domaine D suffisamment petit pour que, relativement à cette équation, le problème de Dirichlet soit correctement posé.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les fréquences propres de quelques carbures cycliques*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous proposons de calculer les fréquences propres de quelques mouvements de vibration du cyclopentane, du cyclohexane et du cycloheptane; les molécules de cyclopentane et de cycloheptane sont planes; conformément aux travaux récents de Langseth et Bak [1], nous adoptons une structure analogue pour le cyclohexane; les atomes de carbone sont donc disposés aux sommets d'un polygone régulier.

La méthode de calcul est analogue à celle que nous avons utilisée dans l'étude des carbures aliphatiques ramifiés [2] : tous les radicaux ayant des masses égales, nous remplaçons ces derniers par des particules matérielles, de même masse m, disposées aux sommets d'un polygone régulier; nous supposons les constantes de liaison identiques et de valeur commune k; nous désignons par Θ le complément de l'angle de deux valences consécutives et prenons comme variables les variations de longueurs l_i des liaisons. Les équations du mouve-

(1) *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 403.
(2) M. Parodi, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 1005.

ment sont alors écrites en considérant l'énergie potentielle comme dépendant uniquement de ces variations.

Il vient, pour un modèle à n masses, en supposant les mouvements harmoniques et de pulsation ω, le système des n équations linéaires

$$\begin{aligned} -kl_n\cos\Theta + l_1(2k - m\omega^2) - kl_2\cos\Theta &= 0, \\ -kl_1\cos\Theta + l_2(2k - m\omega^2) - kl_3\cos\Theta &= 0, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots &, \\ -kl_{n-1}\cos\Theta + l_n(2k - m\omega^2) - kl_1\cos\Theta &= 0. \end{aligned}$$

Faisons le changement de variable

$$x = -\frac{2k - m\omega^2}{k\cos\Theta};$$

la recherche des fréquences propres revient à résoudre l'équation de degré n en x

$$\begin{vmatrix} x & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \\ 1 & x & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & x & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & x & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & x \end{vmatrix} = 0.$$

Il est facile de montrer que les racines de cette équation sont

$$x = -2,$$

$$x_K = -2\cos\frac{2K\pi}{n}, \qquad [K = 1, 2, \dots, (n-1)].$$

En posant $\nu_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}}$, les fréquences propres du système sont

$$\nu = \nu_0\sqrt{1 - \cos\theta} \qquad \text{et} \qquad \nu = \nu_0\sqrt{1 - \cos\theta\cos\frac{2K\pi}{n}} \qquad [K = 1, 2, \dots, (n-1)].$$

ν_0, fréquence de vibration afférente à la liaison $CH^2 - CH^2$, sera prise égale à 919 cm^{-1} (2). Les tableaux suivants permettent de comparer les résultats du calcul aux données expérimentales.

Composé.	Fréquence (cm^{-1}). Calculée.	Observée (3). I. R.	R.
Cyclopentane $\theta = \frac{2\pi}{5}$	770	–	–
	(ν_0) 880	–	889
	1020	–	1032
Cyclohexane $\theta = \frac{\pi}{3}$	650	654	–
	(ν_0) 798	–	801
	1027	1021	1028
	1130	–	1158
Cycloheptane $\theta = \frac{2\pi}{7}$	567	–	–
	(ν_0) 722	–	729
	980	–	1005
	1150	–	1165

(3) LAMBERT et LECOMTE, *Annales de Physique*, 18, 1932, p. 329; LYMAN G. BONNER, *J. Chem. phys.*, 5, 1937, p. 705; HARRIS, ASHDOWN et ARMSTRONG, *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 852; CANALS, GODCHOT et CAUQUIL, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1574.

L'accord est satisfaisant, même pour le cycloheptane, dont l'angle entre valences consécutives diffère notablement de celui du tétraèdre des carbones.

Notons que, parmi les fréquences calculées, celles notées (ν_0) satisfont approximativement à la relation empirique de Canals, Godchot et Cauquil [3], [4]: $n(\nu_0)^2 = \text{const.}$; il est facile de justifier ce résultat. On a, d'une façon générale,

$$(\nu_0) = 919\sqrt{1 - \cos^2\frac{2\pi}{n}}.$$

Il vient

$$n(\nu_0)^2 = \overline{919}^2\, n\left(1 - \cos^2\frac{2\pi}{n}\right).$$

Considérons la fonction

$$y = n\left(1 - \cos^2\frac{2\pi}{n}\right),$$

sa dérivée est

$$y' = \sin\frac{2\pi}{n}\left[\sin\frac{2\pi}{n} - \frac{4\pi}{n}\cos\frac{2\pi}{n}\right]$$

et s'annule pour

$$\operatorname{tang}\frac{2\pi}{n} = \frac{4\pi}{n},$$

d'où $n = 5,37$.

Pour cette valeur de n, y passe par un extremum; il n'est donc pas étonnant que, pour des valeurs de n voisines de $5,37$, cas des composés étudiés, le produit $n(\nu_0)^2$ varie peu.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le comportement des éléments de redresseurs secs pour de faibles densités de courant.* Note de M. **Clément-Marie Theillaumas**, présentée par M. Aimé Cotton.

On considère généralement qu'un redresseur sec inséré dans un circuit parcouru par un courant alternatif se comporte comme une capacité C shuntée par une résistance R. On admet aussi qu'à une fréquence donnée, et dans de larges limites, la capacité est pratiquement indépendante de l'intensité efficace du courant alternatif qui passe par le redresseur, alors que la résistance décroît fortement quand l'intensité augmente.

Lorsque la densité du courant est faible, de l'ordre de quelques microampères par millimètre carré, cette représentation n'est pas toujours exacte. Nous avons trouvé des éléments n'ayant pas de capacité apparente et présentant, au contraire, un paradoxal effet de self. Cette observation a été faite aussi bien sur des redresseurs au sélénium que sur des redresseurs à oxyde cuivreux, normalement fabriqués et doués d'un coefficient de redressement convenable.

Comme les éléments de redresseurs de série ne sont jamais semblables entre eux, quels que soient les soins dont ils sont l'objet en cours de fabrication, afin

(4) M. Aubert, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 661.

de pouvoir faire des essais comparatifs, nous en avons fait fabriquer de la manière suivante : sur des flans de 45^{mm} de diamètre est *tartiné* le sélénium comme d'habitude, puis, après les divers traitements thermiques et chimiques, on projette au pistolet non pas une électrode rapportée unique, mais une série d'électrodes distinctes de différents diamètres grâce à un cache convenablement établi. Par cet artifice on obtient sur le même support des redresseurs ayant subi à chaque opération un traitement identique, dans le même temps, à la même température.

Le pont d'impédance utilisé pour les mesures ne présente aucun caractère particulier. L'intensité parcourant le redresseur est relevée au moyen d'un dispositif amplificateur à triodes donnant la valeur moyenne. Les mesures sont faites à 800 p:s.

On constate les faits suivants :

a. A intensité constante l'effet de self (réactance positive) ne se remarque que sur les disques de petite surface (tableau I).

b. La réactance d'un disque est fortement variable avec l'intensité; sa valeur peut changer de signe (tableau II).

TABLEAU I.

Variation de l'impédance en fonction de la surface pour $i = 300^{\mu}$A.

Surface en mm².	Résistance R_{ohms}.	Réactance S_{ohms}.	Densité de courant par mm² μA.
0,8	6580	+ 640	370
2,4	6500	+ 590	126
4,9	4400	+ 400	63
19,6	3970	— 70	15,2
28	3770	— 190	10,7
50	3360	— 600	6,0
79	2920	— 1100	3,3
114	2010	— 1420	2,9

TABLEAU II.

(Disque de 6^{mm}). *Variation de l'impédance en fonction de l'intensité.*

Intensité moyenne en μA.	Résistance R_{ohms}.	Réactance S_{ohms}.	Densité de courant par mm² μA.
100	5650	— 1250	3,6
200	4450	— 930	7,2
300	3770	— 190	10,7
400	3450	— 100	14,4
500	3240	— 45	18,1
600	3090	— 10	21,6
700	2970	+ 10	25,5
800	2870	+ 45	29
1000	2720	+ 95	36
1500	2490	+ 140	54
2000	2340	+ 160	72
5000	1960	+ 180	181

L'examen de ces tableaux montre que la réactance est négative (réactance de capacité) lorsque la densité de courant par millimètre carré est faible et qu'elle devient positive (réactance de self) lorsque la densité dépasse une certaine valeur.

Ce phénomène est peut-être dû au fait que la courbe d'arrêt n'est pas assimilable à un condensateur parfait. Il doit exister entre l'électrode rapportée et le semi-conducteur, analogues à des résistances de fuite, des ponts conducteurs ayant des conductibilités inégales qui sont une fonction croissante du courant

qui les traverse. Lorsque l'intensité totale atteint une certaine valeur, la densité de courant passant par certains de ces ponts (ceux de moindre résistance) est bien plus grande que celle que l'on calcule en supposant une répartition uniforme sur toute la surface. Les échauffements (ou refroidissements) instantanés locaux qui en résultent peuvent engendrer des f. é. m. qui arrivent à masquer la capacité de la couche d'arrêt. Lorsque la densité de courant diminue, la capacité redevient perceptible au pont d'impédance.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés électriques des couches minces de nickel.* Note [1] de M. **Antoine Colombani**, transmise par M. Paul Langevin.

Nous avons déjà communiqué [2] les résultats obtenus sur l'évolution thermique de la conductibilité des couches minces de nickel obtenues par pulvérisation cathodique dans l'hydrogène. Les résultats suivants portent sur des lames minces n'ayant subi aucun recuit, sinon celui de la température ambiante (résistivité et épaisseur critiques). La technique opératoire est celle qui, mise au point il y a quelques années, nous a permis d'obtenir des phénomènes répétables et des résistances stables à 1/1000 près (tubes de projection purgés au four électrique, masses métalliques purgées par induction à 800°, alternativement sous le vide de la pompe double à palettes et dans l'hydrogène ionisé, ce dernier purifié au préalable par osmose et passage dans un piège à air liquide).

Résultats. — Les couches minces de nickel obtenues dans les mêmes conditions de pression et les mêmes conditions électriques (400 V, 1 mA), de manière à éviter tout échauffement, présentent une résistivité qui décroît exponentiellement quand l'épaisseur augmente de $70^{m\mu}$ à $178^{m\mu}$, pour devenir constante et 80 fois plus élevée que celle du nickel usuel au-dessus de cette épaisseur. Leur aspect est noir, et, vues au microscope, les couches de faible épaisseur présentent un fond atomique continu sur lequel apparaît un grain extrêmement fin.

Au-dessous de $100^{m\mu}$, ces couches présentent les phénomènes suivants :

1° Les phénomènes d'évolution spontanée se traduisant sitôt après projection par une légère augmentation de résistance avec le temps, jusqu'à une valeur stable. Cette augmentation, qui atteint 20 % pour des lames très minces (20 à $60^{m\mu}$), diminue rapidement et disparaît complètement quand l'épaisseur augmente. Au-dessus de $120^{m\mu}$ ce phénomène devient négligeable. Les couches déposées au-dessous de cette épaisseur ne semblent donc pas se former immédiatement, mais subir un arrangement interne. A cause de ce phénomène la

(1) Séance du 1er juin 1942.

(2) *Comptes rendus*, 210, 1939, p. 795.

mesure des résistances devient extrêmement délicate. Deux méthodes peuvent en effet être utilisées. La première consiste à attendre, pour poursuivre la projection, que le palier soit atteint, la deuxième à recommencer la projection avant que l'évolution n'ait eu le temps de se faire trop sentir. Les deux méthodes ont été employées. Nous avons constaté qu'au-dessous de $178^{m\mu}$ la conductibilité des couches obtenues diffère suivant leur processus de formation. Mais au-dessus de cette valeur, elle en devient indépendante, constante et égale à 740.10^6 ohms/cm.

La croissance de R par évolution spontanée peut s'interpréter en admettant qu'immédiatement après projection se produisent, pour les faibles épaisseurs, des retraits du métal, provoquant des groupements atomiques. Au-dessous d'une certaine épaisseur, une configuration d'atomes purement statistique ne serait pas stable et permanente.

2° Des phénomènes de cohésion (interprétables de la même manière). Soumises à l'influence d'un champ électromagnétique de 200 000 Hz, leur conductibilité croît irréversiblement de 1 %.

3° La conductibilité ne suit pas la loi d'Ohm. Elle croît avec le champ électrique et ne devient constante que pour un champ supérieur à 10 volts/cm.

4° Le pouvoir réflecteur de ces couches non recuites n'est appréciable qu'au-dessus de $60^{m\mu}$, et les coefficients de température paraissent, pour des échauffements de quelques degrés, extrêmement petits en valeur absolue (10^{-4}), positifs pour $e > 178^{m\mu}$, négatifs pour $e < 178^{m\mu}$. Un rayonnement ultraviolet ne produit aucune variation de résistance. Mêmes aux fortes épaisseurs, les constantes électriques des couches non recuites sont très éloignées de celles du nickel usuel.

D'ailleurs les rayons X ne décèlent que de la matière à l'état amorphe.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques des corps poreux.* Note de M. Clément Courty, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons étudié [1], du point de vue magnétique, des fragments de porcelaine et quatre échantillons de charbon actif. Les résultats obtenus, valables pour ces solides dans l'air, ou noyés dans l'eau, nécessitaient une étude plus poussée. Il convenait, en particulier, d'examiner comment variait le coefficient d'aimantation du solide, en passant graduellement d'une atmosphère d'air sec à une atmosphère de plus en plus chargée d'eau, jusqu'à atteinte du milieu ambiant totalement liquide.

Les résultats obtenus ont confirmé pleinement les précédents. La règle d'additivité s'applique à l'eau et à la porcelaine propre. S'il y a des poussières sur le solide, et vraisemblablement dans les pores, en raison sans doute de la

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 823.

gêne qu'éprouve l'eau à se substituer à l'air dans les canalicules, la règle ne s'applique plus. Voici, du reste, les résultats obtenus avec des billes de porcelaine : p % représente la masse d'eau contenue dans 100^g de mélange, $10^6\chi_m$ est le coefficient d'aimantation du mélange, et $10^6\chi$ celui du solide, déduit des valeurs de p, de χ_m, et du coefficient d'aimantation de l'eau, $-0,72.10^{-6}$. Les valeurs signalées par un astérisque sont celles du mélange soumis à l'action de la trompe à eau, pour éliminer les dernières cavernes d'air lorsque le tube de la balance est rempli.

Coefficient d'aimantation des mélanges d'eau et de porcelaine.

Billes sales.			Billes propres (lavées à l'eau).		
p %.	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.	p %.	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.
0..........	+1,613	+1,613	0..........	+0,248	+0,248
6,74.......	+1,097	+1,228	8,98.......	+0,176	+0,265
13,03.......	+0,598	+0,795	16,74.......	+0,079	+0,239
»	+0,185	+0,320	23,30.......	+0,020	+0,245
19,28.......	+0,124	+0,325	29,14.......	−0,0357	+0,245
24,30.......	+0,0611	+0,311	33,96*.......	−0,0821*	+0,246*
31,46.......	−0,021	+0,300			
»	−0,034	+0,280			
»	−0,049	+0,258			
» *.......	−0,062*	+0,240*			

Lorsqu'on s'adresse au charbon de noix de Coco, activé ou non, les résultats sont mauvais au point de vue de l'additivité, comme en fait foi le tableau suivant, conçu comme le précédent. Par contre, s'il est pulvérisé, la règle d'additivité, on le voit, s'applique remarquablement. Le dernier résultat, après succion à la trompe, a été obtenu au bout de deux semaines de séjour du charbon dans le champ magnétique (707 gauss). Cela explique peut-être la croissance de χ.

On peut donc en conclure que les anomalies constatées entre les propriétés magnétiques de l'eau et du solide poreux sont certainement dues à une difficulté de pénétration de l'eau dans le solide.

Coefficient d'aimantation des mélanges d'eau et de charbon de noix de Coco activé ou non activé.

Granulé non activé.			Granulé activé.			Pulvérisé activé.		
(%).	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.	(%).	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.	(%).	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.
0	−0,0733	−0,0733	0	+2,295	+2,295	0	+4,871	+4,871
21,82	−0,287	−0,166	20,95	+1,478	+2,060	3,29	+4,814	+5,002
35,74	−0,377	−0,186	35,84	+1,074	+2,076	16,73	+3,953	+4,891
46,46	−0,432	−0,182	45,33	+0,891	+2,226	28,25	+3,310	+4,896
52,85	−0,476	−0,202	52,69	+0,688	+2,258	36,88	+2,752	+4,788
»	−0,457	−0,162	»	+0,754	+2,395	43,38	+2,439	+4,864
58,08	−0,476	−0,137	58,57	+0,568	+2,346	49,25	+2,168	+4,971
62,15(*)	−0,507(*)	−0,157(*)	63,01	+0,475	+2,510	»	+2,187	+5,008
			66,35(*)	+0,144(*)	+1,847(*)	54,22	+1,853	+4,899
						60,50(*)	+1,574(*)	+5,087(*)

De même que pour la porcelaine sale, l'eau pénètre difficilement dans les

pores du charbon en grains. Il faut attendre assez longtemps pour que l'équilibre entre le solide, l'eau et l'air soit établi. C'est pour cela que, dans le cas du charbon en grains activé, lorsque $p = 52,69$, et pour la porcelaine sale, avec $p = 13,03$, puis $p = 31,46$, on trouve plusieurs valeurs pour χ_m, les mesures ayant été faites après un intervalle de temps de plusieurs heures. Ceci est particulièrement net pour la porcelaine sale : à $p = 31,46$ % d'eau correspond en effet un coefficient d'aimantation du solide qui va de 0,300 à 0,240, en décroissant régulièrement pour atteindre cette dernière valeur différant peu de 0,245, donné par la porcelaine propre.

Il y a lieu d'ajouter, comme nous l'avions déjà signalé ([1]), que le coefficient d'aimantation donné par la porcelaine est son coefficient vrai, alors que pour le charbon actif, même pulvérisé, on obtient le coefficient global du charbon et de l'air adsorbé. D'ailleurs le charbon de noix de Coco non activé est diamagnétique (χ est négatif), alors qu'après activation à la vapeur d'eau et au gaz carbonique il est paramagnétique (χ positif). De plus, un échantillon de charbon actif granulé, de coefficient $10^6\chi = +2,295$, donne, après pulvérisation à l'abri des traces de fer $10^6\chi = +3,435$. La surface active s'étant accrue par la pulvérisation, la quantité d'air adsorbée croît également, entraînant la croissance du coefficient d'aimantation global.

Ces dernières remarques sont grosses de conséquences. Elles prouvent que les constantes physiques de l'air inclus dans le charbon sont différentes de celles de l'air ambiant, et qu'il y a entre la porosité de la porcelaine et celle du charbon une différence profonde.

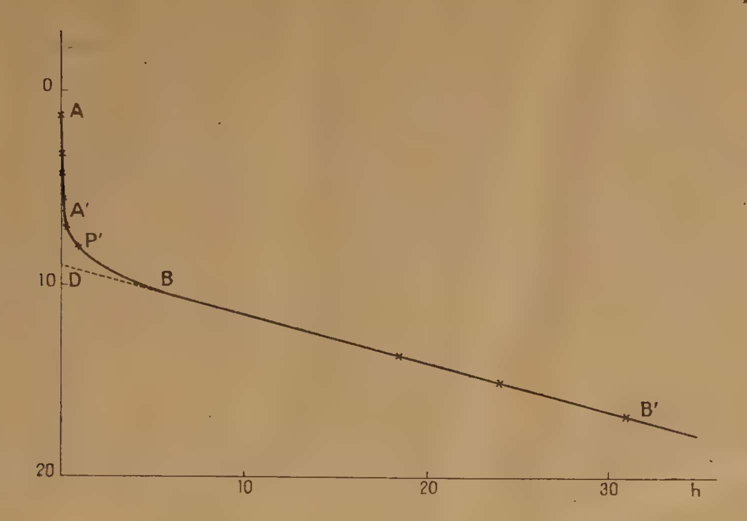
CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi de la pesée continue pour le dosage de traces d'eau dans l'azotate d'ammonium.* Note ([1]) de M. **Marcel Guichard**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'azotate d'ammonium, qui cristallise anhydre, retient assez énergiquement une très petite quantité d'eau qu'il ne perd pas à froid dans l'air sec, ni dans le vide.

Cette eau, sous forme de solution saturée, peut être interposée entre les cristaux; vers 100° elle se dégage; mais alors l'azotate d'ammonium se décompose lentement en se sublimant. Cette décomposition, qui se fait sans doute, pour une part, en acide azotique et ammoniac, ne doit pas être empêchée par l'existence d'une tension de vapeur d'eau, si bien qu'il nous semble légitime d'admettre qu'à 100° et au-dessus, la décomposition lente de l'azotate peut progresser en même temps que se produit le départ de l'eau en excès.

([1]) Séance du 15 juin 1942.

La pesée continue, telle que je l'ai décrite, permet de suivre aisément la perte de poids en fonction du temps [2]. La figure donne un exemple, à 119°.



La partie AA′, chute rapide de poids, représente le départ de l'eau en excès associé à un commencement de décomposition du sel anhydre; la partie BB′ se rapporte à la seule décomposition du sel sec, après que toute l'eau libre est partie. Les deux parties de la courbe sont raccordées dans la région P′. La partie BB′ est une droite, la décomposition ne portant que sur une petite partie du sel en expérience.

Le dosage de l'eau peut se déduire du diagramme : si l'on prolonge la droite BB′ jusqu'à l'ordonnée d'origine. AD représente la perte de poids due à l'eau en excès; c'est la perte de poids totale pour une longue durée (30 heures pour 4ᵍ, par exemple), diminuée de ce qui doit être attribué à la décomposition du sel anhydre pour la même durée.

Pour plus d'exactitude, la pesée continue étant faite au-dessus de 100°, ce qui entraîne une petite erreur, il convient de peser la substance en deux points de la droite BB′, après l'avoir laissée refroidir. Ces deux pesées donnent, par le calcul, la correction à apporter à la perte de poids totale. Voici un exemple portant sur 4ᵍ,4011 à 114° :

	g
Perte totale en 48 heures 20 minutes	0,0148
Décomposition du corps sec par heure (suivant BB′)	0,00017
» » » en 48 heures 20 minutes	0,0082
Eau libre 0,0148 — 0,0082	0,0066
» » p. 100 : 0,149.	

La pesée continue permet ainsi de créer de nouvelles méthodes d'analyse; nous pensons en donner ultérieurement d'autres exemples.

---

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 675; *Ann. Chim.*, 9, 1938, p. 323.

MINÉRALOGIE. — *Séparation chimique de radioéléments artificiels dans une lave.* Note [1] de Mlle **Simonne Caillère** et M. **Jacques Noetzlin**.

Pour une étude sur la radioactivité des laves, entreprise par l'un de nous pour vérifier une théorie nouvelle du volcanisme, nous avons dû extraire certains éléments chimiques d'un échantillon de lave qui avait été soumis à l'irradiation d'une source de neutrons. La matière première était un basalte du Kilauea [2], pesant environ 60^g. Une fois réduit en poudre fine, il a été soumis par M. Joliot-Curie au bombardement des neutrons produit par le cyclotron. La poudre, enfermée dans un bloc de paraffine, a été placée pendant une durée de quatre mois dans le voisinage du cyclotron et était donc irradiée chaque fois que cet appareil était mis en marche. Retirée de l'appareil, elle a été portée au Laboratoire de Minéralogie du Muséum où les opérations chimiques ont été commencées aussitôt sous la direction de M. J. Orcel. Le travail chimique a consisté à extraire de la lave irradiée quatre corps dans chacun desquels un élément radioactif devait être recherché. Les mesures de radioactivité nous ont imposé de faire ces préparations dans des conditions déterminées :

1° Certains des produits doivent être obtenus très rapidement, le radio-isotope recherché ayant une période courte : c'est le cas du radiosodium dont la période est de 14,8 heures.

2° Les teneurs en radio-isotopes des éléments isolés étant très faibles, il est indispensable, pour avoir quelques chances de les mettre en évidence, d'opérer sur une masse importante.

3° Pour la même raison, on cherchera à obtenir les éléments sous forme d'une combinaison chimique présentant la plus petite masse moléculaire possible.

Nous avons donc dû adapter à ces exigences les méthodes habituelles d'analyse des silicates afin de préparer le chlorure de sodium, le pyrophosphate de magnésium, l'oxyde de titane et la chaux, et nous avons opéré de la façon suivante. La mise en solution de la lave a été faite en milieu nitrique, après élimination de la silice par le mélange fluonitrique. Tous les métaux ont été précipités, à l'exception des métaux alcalins, par le carbonate d'ammonium, en milieu ammoniacal.

Préparation du chlorure de sodium. — Les nitrates alcalins, débarrassés des sels ammoniacaux, ont été calcinés, puis transformés en perchlorates. Le perchlorate de sodium a été mis en solution dans l'alcool et décomposé en chlorure, par calcination au rouge sombre. L'ensemble de ces opérations a

---

(1) Séance du 18 mai 1942.

(2) Day et Shepherd, *Bull. Geol. Soc. America*, 24, 1913, p. 586.

duré 30 heures et a permis de recueillir $0^g,90$ de NaCl, soit environ les 2/3 du sodium contenu dans la roche.

Préparation du pyrophosphate de magnésium. — Cette préparation a été réalisée à partir de la masse de carbonates obtenue précédemment, reprise par l'acide chlorhydrique. La séparation des métaux alcalinoterreux a été faite en précipitant Fe, Ti, Al, P par l'ammoniaque. Dans ce précipité, l'emploi du cupferron a permis l'obtention de deux fractions, l'une contenant Fe et Ti, l'autre Al et P. Le phosphore a été isolé de cette deuxième par la méthode au phosphomolybdate et pesé en pyrophosphate. Ces dernières opérations ont demandé 5 jours et ont fourni la totalité de P contenu dans la lave, soit $0^g,08$.

Préparation de TiO^2. — Dans la solution contenant le fer et le titane, ce dernier a été précipité à l'état d'acide métatitanique par l'hyposulfite de sodium en milieu neutre. Cette séparation a dû être répétée trois fois pour obtenir finalement $1^g,14$ de TiO^2 assez pur.

Préparation de CaO. — Le calcium a été isolé sous forme d'oxalate et purifié des traces de radium qu'il pouvait contenir en entraînant ce dernier élément par le baryum. Les oxalates ont donc été transformés en nitrates auxquels on a ajouté du nitrate de baryum. Les nitrates de baryum et de radium ont alors pu être éliminés en utilisant leur insolubilité dans l'alcool-éther. Le calcium ainsi purifié a été obtenu sous forme de chaux le 13e jour et représente la quantité totale de cet oxyde contenu dans la lave, soit $5^g,8$.

La préparation de sodium a présenté une activité marquée dont la décroissance a été suivie au compteur de Geiger-Müller, avec une bonne approximation de la période du radiosodium. La séparation chimique d'avec le potassium avait donc été suffisamment poussée pour que la radioactivité à longue période de cet élément ne fût plus sensible pendant ces mesures.

Les préparations de phosphore et de titane ont également été trouvées actives et leur décroissance, notablement plus lente, est suivie actuellement au compteur.

Enfin la préparation de calcium n'a qu'une activité à peine mesurable, qui ne pourra donc pas faire l'objet d'une détermination de période.

PALÉOBOTANIQUE. — *Successions forestières contemporaines du dépôt des lignites quaternaires dans la cluse de Chambéry.* Note de M. GEORGES LEMÉE, présentée par M. Louis Blaringhem.

Certains dépôts de lignites quaternaires de la cluse de Chambéry ont fait l'objet d'une étude par la méthode de l'analyse pollinique (1). La même méthode, appliquée à d'autres gisements de cette région, m'a permis de reconstituer une succession forestière plus longue (2).

(1) J. GOURC et F. BOURDIER, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 72.

(2) Les séries d'échantillons étudiées ont été recueillies par M. Bourdier, géologue à Annecy.

Le profil le plus complet que j'aie obtenu est celui de la carrière de l'aérodrome du Bourget, sur la rive gauche de la Leysse. Voici l'analyse pollinique d'une des séries verticales étudiées :

	Abies.	*Alnus.*	*Betula.*	*Picea.*	*Pinus.*	*Quercus.*	*Tilia.*	*Corylus.*	*Salix.*
Sommet...	1%	3%	8%	31%	56,5%	0,5%	–	0,5%	–
	–	2	–	42	55	1	–	–	–
	6	3	–	48	42	1	–	–	–
	6	–	2	54	38	–	–	–	–
	25	13	–	60	2	–	–	5	–
	26	24	5	41	–	1	3	–	–
	(Intercalation de $1^m,50$ de sable fluviatile)								
	32	20	5	35	7	1	–	5	5
	12	10	8	20	50	–	–	15	–
Base...	–	–	3	–	97	–	–	1	5

Les *Corylus* et *Salix* sont dénombrés en pourcentage de l'ensemble des autres pollens d'arbres.

Les phases suivantes peuvent être distinguées :

a. Première phase, à pin, avec bouleaux, saules et noisetiers très rares; la forme et les dimensions du pollen de pin concordent avec celles du pollen de *Pinus silvestris* actuel.

b. Seconde phase, à épicéa-sapin-aulne, avec pin, bouleau et saule très rares; apparition du chêne et du tilleul, toujours en pollens isolés; poussée de noisetier au début; la forme et les dimensions des pollens de sapin, d'épicéa et d'aulne correspondent respectivement à celles d'*Abies alba* Mill., de *Picea excelsa* Lk. et d'*Alnus glutinosa* Gærtn. L'intercalation de $1^m,50$ de sable fluviatile au milieu de cette phase oblige à admettre l'existence possible de phases forestières intermédiaires.

c. Troisième phase, à épicéa et pin; le premier, d'abord, dominant polliniquement, régresse régulièrement devant le pin (*P. silvestris*); raréfaction progressive de l'aulne et du sapin; rares pollens de bouleau, noisetier, saule, houx, Éricacées; un seul pollen de hêtre au sommet, sur 1000 grains observés.

Des bois de sapin, épicéa et aulne ont été recueillis dans la couche supérieure.

Un affleurement de la vallée voisine du ruisseau de Chapure (exploitation Gilbert) a fourni un profil moins complet par la base :

1° *Fin de la seconde phase, à épicéa-sapin-aulne*, avec pin et chêne rares;

2° *Troisième phase, à épicéa et pin*, ce dernier toujours subordonné; faibles poussées de chêne, de sapin et d'aulne; noisetier, tilleul et bouleau très rares.

Des bois de pin et d'aulne ont été recueillis dans cette exploitation.

Un affleurement très mince, en aval du précédent dans la même vallée, montre une silve à sapin dominant (49 %), épicéa subordonné (28 %), pin, aulne, bouleau et chêne rares. La position chronologique de cette couche dans la série décrite plus haut ne peut être établie.

Tous ces dépôts sont des tourbes de marais boisé et plus ou moins inondé; elles sont riches en bois, Cypéracées, Filicales (spores des types *Athyrium* et *Polypodium*), Mousses. Les éléments minéraux sont en proportion très variable. L'humidification est avancée et les pollens souvent corrodés et déchiquetés.

Le gisement de Sonnaz, analysé par J. Gourc (*loc. cit.*), paraît contemporain de la fin de la seconde phase et de la troisième phase décrites plus haut.

Cette succession forestière concorde bien avec ce que l'on connaît de l'interglaciaire Riss-Würme en Europe moyenne. Le profil pollinique établi par F. Firbas [3] dans les charbons feuilletés de Schladming sur l'Enns, en Autriche, présente un remarquable parallélisme avec les nôtres, bien qu'il présente une série moins complète. Notre première phase à pin correspondrait à un climat encore froid; la végétation de notre deuxième phase, la plus riche en essences forestières et sans qu'aucune soit nettement dominante, indique un climat humide et plus chaud, de caractère océanique; après cet optimum, la raréfaction du sapin et de l'aulne glutineux, la recrudescence du pin silvestre, permettent de supposer un desséchement du climat, peut-être associé à un refroidissement.

L'âge des dépôts quaternaires dans lesquels s'intercalent les lignites des environs de Chambéry est très discuté. Des trois hypothèses qui ont été avancées, celle d'un âge interglaciaire Riss-Würm, soutenue par Gignoux et Bourdier, explique le mieux la succession forestière observée. Celle-ci présente un parallélisme certain avec les successions décrites dans des formations datant incontestablement du dernier interglaciaire. En outre, la présence d'une silve variée, avec chêne et tilleul, auxquels il faut joindre le buis, signalé par Songeon, est difficilement compatible avec les hypothèses d'un dépôt interstadiaire würmien-néowürmien ou d'une formation d'obturation latérale par le glacier finiwürmien.

BOTANIQUE. — *Sur la zygomorphie florale de quelques espèces de* Rinorea. Note [1] de M. **Claude Arnal**, présentée par M. Auguste Chevalier.

On admet très généralement [2] que les fleurs régulières sont plus primitives que les fleurs zygomorphes et que, quand la zygomorphie apparaît dans une série évolutive, elle touche d'abord la corolle et l'androcée; ce n'est que dans les fleurs très zygomorphes que le calice et en dernier lieu le pistil sont atteints

(3) *Beih. Bot. Centralbl.*, **41**, 1925, p. 295.

(1) Séance du 4 mai 1942.

(2) Cf. Velenovsky, *Vergleichende Morphologie der Pflanzen*, **111**, 1912, p. 897.

par la zygomorphie. Dans la famille des Violacées, on trouve des types réguliers (*Rinorea*) et des types zygomorphes (*Viola*). Nous avons montré dans une précédente Note sur les *Rinorea* (³) que, à côté d'espèces parfaitement actinomorphes dans toutes leurs parties, telles que *R. physiphora* (Mart.), il existait une espèce, *R. guianensis* (Aubl.), où les trois ovules n'étaient pas semblables et déterminaient ainsi un plan de symétrie unique antéro-postérieur dans le gynécée de cette fleur. L'étude de quelques autres espèces de *Rinorea* effectuée sur des échantillons que M. Chevalier a bien voulu nous confier, nous a montré que cette structure zygomorphe du gynécée n'était pas un fait isolé.

Dans les trois espèces étudiées, *R. ilicifolia* (Welw.), O. Ktze., *R. rubro-tincta* Chipp et *R. Eliotii* Engler, les trois placentas pariétaux portent des ovules tous semblables; la paroi ovarienne elle-même est parcourue par trois nervures placentaires égales, terminées au sommet de l'ovaire, et par trois nervures médianes carpellaires semblables entre elles. Ces trois derniers cordons seuls pénètrent dans le style. La structure de l'ovaire est donc parfaitement actinomorphe dans ces trois *Rinorea*.

C'est le style seul qui montre une disposition zygomorphe. En effet, chez *R. ilicifolia*, les deux nervures postérieures restent simples jusqu'au niveau du stigmate, alors que la nervure antérieure est trifurquée vers le milieu de la longueur du style, de telle sorte que la moitié supérieure de ce style est parcourue par cinq nervures, deux latéro-postérieures et trois antérieures. Ces cinq nervures se terminent au même niveau à la base du stigmate.

Chez *R. rubro-tincta*, dès la base du style, on peut remarquer une différence de taille entre les trois cordons stylaires, l'antérieur étant nettement plus gros que les deux autres. Vers le sommet du style, les deux cordons latéro-postérieurs s'éteignent les premiers sans se ramifier, le faisceau antérieur au contraire subit une dichotomie à son sommet et ses deux branches ne se terminent que dans le stigmate. Cette espèce possède par ailleurs un androcée zygomorphe, le tube staminal montrant à son sommet deux petits lobes postérieurs et deux grands lobes antérieurs.

Chez *R. Eliotii* enfin, la zygomorphie du style est encore plus accentuée par le fait que les deux nervures postérieures se terminent dès la base du style; l'antérieure seule le parcourt de bout en bout sans ramification pour se terminer au niveau du stigmate, où elle se renfle en une masse ovoïde formée de trachéides courtes entrelacées les unes aux autres. Cette dissymétrie dans la nervation retentit sur la forme du stigmate dont la face antérieure est épaisse et charnue autour de la nervure, alors que le bord postérieur reste membraneux.

On voit donc que, dans quelques espèces de *Rinorea* tout au moins, la régu-

(³) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1162.

larité de la fleur n'est qu'apparente. En réalité, il y a une zygomorphie n'intéressant que le gynécée et qui se traduit soit par la position des ovules, soit par la structure du style. Par suite, il semble que la famille des Violacées, et plus particulièrement le genre *Rinorea*, constitue une exception à la règle, que l'on considère comme normale, d'apparition de la zygomorphie. Dans cette famille en effet, la zygomorphie apparaît en premier lieu dans le gynécée, et plus spécialement dans le style et le stigmate, de telle sorte que, dans des espèces considérées à juste titre comme primitives, en particulier à cause de la régularité de leurs fleurs, le gynécée peut déjà présenter la structure anatomique zygomorphe des genres plus évolués tels que les *Viola*.

BIOLOGIE FLORALE. — *Différences de chimisme dans les fleurs de divers types de Renonculacées*. Note de M[me] **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La diversité des types réunis dans la famille des Renonculacées se retrouve dans leur chimisme, et divers auteurs ont mis en évidence depuis longtemps des alcaloïdes souvent différents suivant les genres. Nous avons aussi précédemment noté des différences importantes dans la composition des pollens de diverses tribus ([1]). Nos expériences actuelles portent sur le métabolisme comparé des organes floraux chez cette famille où la structure, le développement successif des pièces, l'ensemble de la biologie accusent l'hétérogénéité.

Nous avons mesuré la teneur en corps oxydo-réducteurs existant dans chaque partie de la fleur à un moment donné de son développement. Les méthodes employées correspondent à la détermination de l'acide ascorbique, soit à l'aide du 2.6-dichlorophénol indophénol (méthode de Tillmans modifiée par A. Sosa), soit à l'aide du bleu de méthylène (méthode de Martini et Bonsignore modifiée par Mentzer). Nous devons noter des différences entre les résultats de ces deux méthodes dans un certain nombre de plantes; quelles qu'en soient les causes encore indéterminées, elles accusent par le fait même qu'elles ne sont pas constantes suivant les espèces, des divergences relatives à la constitution. Les résultats seront exprimés suivant la première méthode et pour 100^g de matière fraîche. Nous avons déterminé d'autre part ([2]) la valeur du pouvoir oxydant d'un poids donné de matière fraîche, sur un volume connu de solution titrée d'acide ascorbique. Les fleurs ([3]) sont analysées au début et à la fin de la floraison. Le cycle de développement des plantes se

---

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 586.
([2]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 88, 1941, p. 660.
([3]) Echantillons frais obtenus de M. Guinet, du Jardin des Plantes de Paris.

déroule parfois à des époques différentes de l'année, ce qui influe sur la valeur absolue des résultats. Tenant compte d'une façon générale des fluctuations, nous avons constaté que diverses espèces de Renonculacées présentent, pour un même organe prélevé dans les mêmes conditions, des teneurs très différentes en acide ascorbique, pouvant aller de 1^{mg} à 500^{mg} pour 100^{g} de substance fraîche (feuilles). Ces variations existent aussi pour les fleurs, mais la teneur de ces dernières n'apparaît pas en fonction directe de celle des feuilles. En effet, chez une Ancolie, j'ai trouvé 520^{mg} pour une feuille de la base de l'inflorescence, les fleurs contenant 80^{mg} environ; chez *Caltha palustris*, 30^{mg} dans les feuilles et 168^{mg} dans les fleurs. A côté de ces extrêmes, il existe de nombreuses transitions.

Examinant d'autre part les diverses pièces florales, nous trouvons, par exemple, chez *Nigella arvensis* : étamines 204^{mg}, ovaires 404^{mg}, pièces pétaloïdes 366^{mg}; chez *Caltha palustris* : étamines 223^{mg}, ovaires 10^{mg}, pièces pétaloïdes 157^{mg}. Les fleurs ont été prélevées dans un état de développement correspondant à la maturité des étamines avant la libération du pollen. Le rapport entre la teneur des ovaires et celle des étamines est alors de 1,98 pour la première espèce et de 0,04 pour la deuxième. A côté de ces chiffres on trouve une série de valeurs parfois très différentes suivant les types examinés. En particulier, ce rapport est supérieur à 1 chez *Eranthis hiemalis* (2,6), *Adonis autumnalis* (2,3), *Nigella arvensis* (1,98); il est voisin de 1 pour quelques Ancolies, et pour *Aconitum Anthora*, il varie de 0,09 à 0,5 suivant les espèces d'Anémones (*A. dichotoma* 0,1, *A. pulsatilla* 0,3, *A. nemorosa* 0,5). Certaines Clématites étant très pauvres en acide ascorbique, le rapport n'a pas toujours pu être étudié : *Clematis recta* donne de 0,1 à 0,26, *Adonis vernalis* 0,32, *Delphinium* de 0,6 à 0,08, *Helleborus fœtidus* 0,56, *Ranunculus platanoïdes* 0,06, *R. lanuginosus* 0,05, *Trollius europeus* 0,06, *T. sinensis* 0,05.

Le pouvoir oxydant des organes floraux vis-à-vis de l'acide ascorbique est aussi très variable d'une espèce à l'autre. C'est ainsi qu'en faisant agir pendant 10 minutes un poids déterminé d'ovaires broyés en présence d'un volume connu de solution d'acide ascorbique titré (500^{g} dans 1^{cm^3}), on aboutit à une oxydation appréciable mais non totale en employant les proportions suivantes : $1^{g}/30^{cm^3}$ pour *Delphinium Requieni*, $1^{g}/20^{cm^3}$ pour *Ranunculus lanuginosus*, $1^{g}/15^{cm^3}$ pour *Anemone dichotoma*, $1^{g}/12^{cm^3}$ pour *Nigella arvensis*. D'autre part, si l'on compare les activités du gynécée et de l'androcée, dans le cas de *Delphinium*, 82 % de l'acide est oxydé en employant 1^{g} d'ovaires pour 30^{cm^3} de solution; il n'y a aucune action appréciable dans ces conditions pour les étamines; en employant $1^{g}/15^{cm^3}$ l'oxydation est de 23 %. Chez *Nigella arvensis* 19 % est oxydé (ovaires) contre 16 % (étamines); chez *Anemone dichotoma* 80 % (ovaires) contre 67 % (étamines); résultats montrant la variabilité des rapports entre gynécée et androcée. D'autre part ce pouvoir oxydant ne paraît pas lié à la teneur en acide ascorbique, je trouve un rapport de 0,11 entre les pouvoirs

oxydants des ovaires et des étamines et de 1,2 entre les teneurs en corps oxydo-réducteur des mêmes organes chez *Anemone dichotoma*, on a respectivement 1,1 et 1,98 chez *Nigella arvensis*; enfin pour *Delphinium Requieni*, le rapport est inversé avec des écarts très importants.

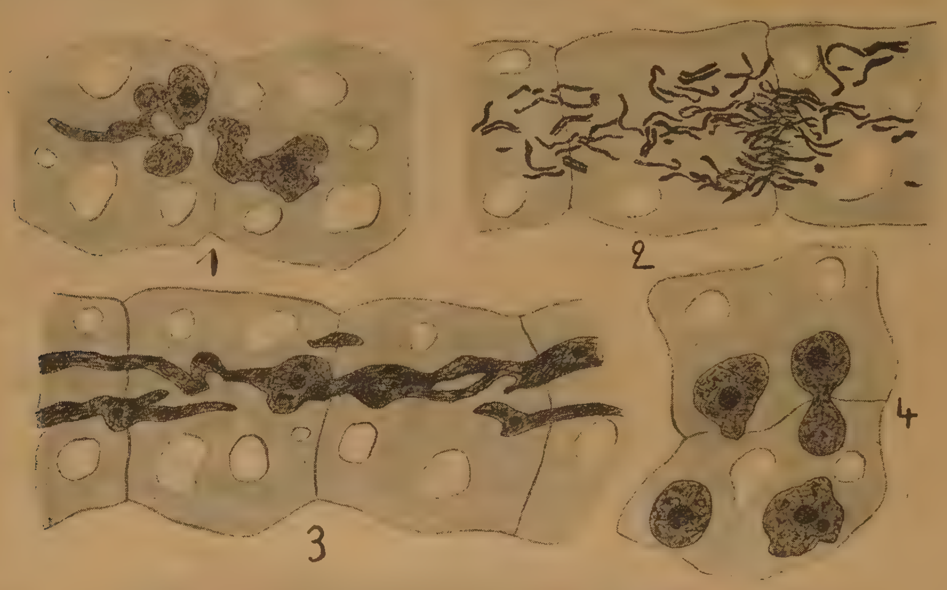
En plus des variations constatées par divers auteurs dans la teneur en acide ascorbique (variable avec le milieu, la croissance, la fonction), les Renonculacées donnent une gamme très étendue et irrégulière dans la comparaison des espèces; ici le rapport entre les teneurs des feuilles et des fleurs, des ovaires et des étamines indique des compositions très divergentes. Les écarts trouvés chez les Renonculacées sont beaucoup plus importants que ceux trouvés dans des familles plus homogènes dont nous poursuivons l'étude.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Papavéracées.* Note de Mlle **Marcelle Jouvenel-Marcillac**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

On sait depuis longtemps que certaines cellules animales, par exemple les leucocytes, sont capables de traverser la paroi des capillaires, et d'émigrer ainsi au sein des tissus. Cette migration de cellules entières, à laquelle les biologistes ont donné le nom de diapédèse, ne peut se manifester que pour des éléments dépourvus de membrane rigide, et ne se rencontre donc que chez les animaux. Mais cette diapédèse peut n'affecter que certaines parties de la cellule, le noyau par exemple, qui peut, dans certains cas, quitter la cellule à laquelle il appartient et passer dans un autre élément. Cette diapédèse existe non seulement chez les animaux, mais aussi chez les végétaux, où elle est peu fréquente. La cytologie de l'assise nourricière, située au voisinage direct des cellules-mères des grains de pollen, a donné déjà lieu à de nombreuses recherches; cependant, aucun des auteurs ayant étudié son noyau n'a signalé les phénomènes assez particuliers de diapédèse nucléaire qu'il nous a été donné d'observer chez plusieurs espèces de Papavéracées.

Nos observations ont été réalisées sur des coupes de boutons floraux, fixés au Helly et au Navachine, et colorées suivant la méthode de Feulgen. Lorsque les noyaux des cellules-mères sont au stade synizésis, les noyaux des cellules nourricières entrent eux-mêmes en division. C'est pendant ces mitoses, qui présentent des phénomènes aberrants, que nous avons observé les migrations de noyaux, que nous allons décrire chez *Glaucium corniculatum*. Au moment où le noyau entre en mitose, il quitte sa position centrale et se place contre la membrane pectocellulosique, qui sépare deux cellules voisines. Pendant la prophase, le noyau se déforme, il devient amiboïde et lobé (*fig.* 1); la formation des chromosomes à partir du réseau chromatique, ne présente aucune anomalie; à la fin de la prophase la membrane disparaît, mais il ne se forme

pas de fuseau, si bien que les chromosomes s'éparpillent dans le cytoplasme au lieu de se grouper pour constituer la plaque équatoriale; ils émigrent ainsi dans les cellules voisines au travers des plasmodesmes de la paroi semble-t-il (*fig.* 2); par la suite, ils se mélangent avec les chromosomes des cellules



Diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière de *Glaucium corniculatum*.
1, prophase; 2, métaphase; 3, cordons téléphasiques; 4, mégradien de noyaux quiescents

voisines, très enchevêtrés les uns les autres, ils constituent à la télophase des cordons irréguliers qui s'étendent sur plusieurs cellules et qui présentent un aspect très différent de celui des noyaux normaux : ils ont un réseau chromatique grossier et dense avec quelques nucléoles (*fig.* 3). La mitose très particulière, qui accompagne la migration des chromosomes, peut être comparée, dans une certaine mesure, à la stathmocinèse provoquée par la colchicine.

Nous avons retrouvé des phénomènes semblables dans les espèces *Eschcholtzia california*, *Bocconia frutescens*, *Chelidonium majus*, *Papaver alpinum*, *Papaver lateritium*, *Papaver maritime*, *Papaver rupifragum*, *Meconopsis cambrica*, *Meconopsis Pratii*, *Rœmeria violacea* et *Argemone mexicana*.

Nous avons également pu mettre en évidence des phénomènes de diapédèse affectant des noyaux quiescents. Dans ce cas le noyau qui devient piriforme s'accole contre la paroi qu'il va traverser : la membrane s'incurve, comme si elle était soumise à une poussée de la part du noyau, puis au point de contact elle semble se résorber pour lui livrer passage. Cette migration peut être totale ou partielle, le noyau conservant toujours une structure réticulée normale (*fig.* 4). Mais dans le premier cas, le noyau après la diapédèse a une forme amiboïde; dans le deuxième cas il prend une forme en haltère, la partie rétrécie correspondant à la région immobilisée entre les deux cellules. Il nous

a été possible d'observer des cas analogues de diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Crucifères. Mais dans cette famille les migrations de noyaux sont très rares; nous les avons vues chez *Crambe maritime*, *Lepidium sativum*, *Nasturtium amphibium* et *Thlaspi arvense*.

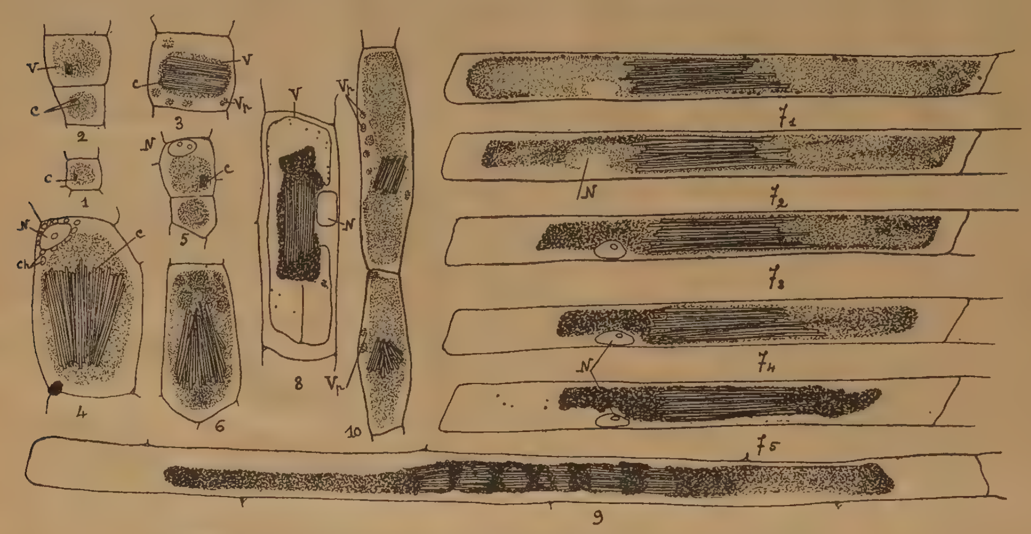
En résumé, la diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Papavéracées est un phénomène très fréquent, bien que n'ayant jamais été décrit et qui peut s'opérer sur des noyaux quiescents ou bien encore se manifester à l'occasion des mitoses, qui accompagnent celles des cellules-mères des grains de pollen. Cette diapédèse provoque alors des mitoses anormales, semblables à la stathmocinèse. Les conditions dans lesquelles nous avons opéré nous permettent d'affirmer que les figures observées ne résultent pas d'un artefact; il y a tout lieu de supposer néanmoins qu'elles correspondent à un état pathologique de l'assise nourricière.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les vacuoles des cellules à raphides.* Note de Mme **Germaine Hurel-Py**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les cristaux d'oxalate de calcium en raphides prennent naissance dans les vacuoles de cellules particulières appelées cellules à raphides. Or toutes les études entreprises jusqu'à présent sur ces cellules ont porté sur du matériel fixé dans lequel, par conséquent, la vacuole avait subi de profondes modifications. Seule, pourtant, l'observation vitale et surtout l'usage des colorants vitaux pouvaient permettre une étude précise de la constitution de ces cellules, et c'est pourquoi, au cours d'une étude cytologique générale sur les cellules à raphides, nous nous sommes efforcée d'obtenir la coloration vitale de leurs vacuoles, ce qui est, dans beaucoup de cas, très difficile à réaliser.

En examinant l'extrémité en voie de croissance d'une racine de *Vanilla planifolia* (1, 2, 3, 4) ou de *Hyacinthus orientalis* (5) colorée par le rouge neutre, on observe, dans le méristème, des cellules légèrement plus volumineuses renfermant une ou deux très petites aiguilles : ce sont les jeunes cellules à raphides. En s'éloignant du pôle végétatif, on constate que ces cellules sont plus grosses et plus allongées, et l'on aperçoit bientôt, outre la vacuole centrale, dans laquelle les cristaux sont plus grands et plus nombreux, de nouvelles vacuoles, petites, situées dans le cytoplasme périphérique. Ces nouvelles vacuoles, qui se colorent d'une façon homogène par les colorants vitaux, contiennent des substances sidérophiles, ainsi qu'on le constate sur les coupes colorées par l'hématoxyline. En observant des cellules à raphides de plus en plus âgées, on constate que certaines de celles-ci demeurent toujours individualisées, tandis que d'autres s'unissent avec celles situées immédiatement au-dessus et au-dessous d'elles pour donner des tubes renfermant de nombreux paquets de raphides. A partir de ce moment, les vacuoles des cellules à raphides varient de comportement avec les colorants vitaux suivant les espèces étudiées.

Dans les racines de Jacinthe (6, 7, 8) de Scille (9), on voit apparaître un phénomène de contraction vacuolaire appelé synérèse (1) dont les différents aspects sont les suivants : au début de la coloration vitale, la vacuole est uniformément teintée en rose, puis bientôt des parties se colorent plus intensément, formant comme des flocons au sein du colloïde vacuolaire ce qui correspond



Cellules à raphides colorées vitalement par le rouge neutre.

1, 2, 3, 4, dans *Vanilla planifolia*; 5, 6, 7, 8, dans *Hyacinthus orientalis*; (5, très jeunes cellules à raphides; 6, début de synérèse; 7_1, 7_2, 7_3, 7_4, différents aspects d'une même cellule pendant le phénomène de synérèse; 8, cellule dans laquelle on distingue la limite de la vacuole); 9, dans la Scille : long tube à raphides présentant le phénomène de synérèse; on ne distingue pas la limite de la vacuole; 10, dans *Asparagus verticillatus*. V, vacuole contenant les raphides; V_p, vacuoles pariétales; C, cristaux d'oxalate de calcium; N, noyau; Ch, chloroplastes.

certainement au début de sa floculation (6). En effet, immédiatement après, toute la vacuole est occupée par de très petits grains rouges, plus nombreux aux deux extrémités de la cellule. Ces grains deviennent de plus en plus abondants, en même temps qu'on constate une rétraction de la masse totale du précipité. Cette rétraction est surtout visible aux deux pôles de la longue cellule. Elle est d'abord lente et à peine distincte $(7^{1,2})$ puis, brusquement, elle se produit très rapidement $(7^{3,4,5})$ et tous les précipités s'accumulent aux deux extrémités des aiguilles d'oxalate de calcium (8). Le reste de la vacuole est alors complètement décoloré, sauf quelques rares petits précipités rouges. La limite de la vacuole se distingue parfois comme une mince ligne incolore. La synérèse s'observe aussi par le bleu de crésyle. Les colorations obtenues avant la synérèse sont d'un bleu franc. Le suc vacuolaire précipité est coloré en bleu légèrement violacé.

Chez *Vanilla planifolia*, *Phalenopsis*, *Asparagus verticillatus* (10), *Aspho-*

(1) Weber, *Protoplasma*, 22, 1934, pp. 4-16.

delus fistulosus, on ne constate jamais de synérèse. La coloration vitale qui débute par l'apparition de précipités vacuolaires devient uniforme et le demeure. Par les bleus de crésyle et de Nil, la coloration est bleu franc, sans tendance à la métachromasie. Cependant la présence d'un mucilage intra-vacuolaire est admise dans les cellules à raphides. Or, les vacuoles renfermant des mucilages ne donnent généralement pas de petits précipités vacuolaires et sont métachromatiques, cette propriété étant liée à leur constitution chimique ([2]). Nous avons essayé de vérifier la présence d'un mucilage intra-vacuolaire, au moyen des colorants spécifiques de ces substances appliqués sur du matériel fixé. Dans ce cas toutes les vacuoles des cellules à raphides se colorent par le rouge de ruthénium, le bleu coton etc. Mais on sait ([3]) le peu de spécificité des colorants des mucilages. De plus, sur des coupes à congélation d'organes frais, on ne retrouve pas ces colorations.

Nous avons donc supposé que le prétendu mucilage décrit pourrait bien appartenir à un autre groupe chimique, mais les réactions des protéides et des lipides réalisées sur le suc vacuolaire des cellules à raphides de *Vanilla* ont été négatives. Il faut donc en conclure que le contenu des vacuoles des cellules à raphides doit être un mucilage particulier qui ne possède aucune des propriétés des mucilages de membranes. De plus, on peut affirmer que, par l'observation vitale, le suc vacuolaire entourant les cristaux est, dans les espèces étudiées, absolument homogène. On n'y distingue ni les cordons protoplasmiques, ni les utricules décrits par divers auteurs, et, si, après fixation, on retrouve parfois ces différents aspects, il faut les considérer comme des figures de coagulation du suc vacuolaire dues à la fixation.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Sur un Lupin pouvant entrer dans la préparation des succédanés du Blé.* Note ([1]) de M. ALBERT GUILLAUME, présentée par M. Auguste Chevalier.

De même que pour le Café, pour le Blé on nomme succédané de cette céréale un mélange dans lequel entre une certaine proportion de Blé; par contre, on appelle produit de remplacement du Blé un mélange de produits dans lequel n'entre pas de Blé.

Ceci étant acquis, on pourrait utiliser sous certaines conditions, parmi les produits dans le mélange des succédanés du Blé, pour la fabrication du pain, la farine provenant de la graine de Lupin. La culture du Lupin blanc, *Lupinus albus* bien connus des Romains, est peu développée dans notre pays et sert surtout comme engrais vert; elle pourrait l'être davantage pour graines que l'on utiliserait à la fois dans l'alimentation humaine et dans celle des animaux domestiques.

([2]) LISON, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, pp. 821-824.
([3]) G. HUREL-PY, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, pp. 1622-1624.

([1]) Séance du 4 mai 1942.

Dans une étude sur la composition chimique de la graine de Lupin blanc que nous avons faite en 1939, nous avons trouvé les résultats suivants % :

Glucides	2,2	Acidité	0,08
Protides	38,18	Matières solubles	22,8
Lipides	8,12	Matières insolubles	77,8
Matières minérales	4,5	Phosphates en P_2O_5	0,82
		Alcaloïdes (²)	1,52

L'huile, que nous avons extraite à l'aide d'un solvant et dont nous avons établi les principales constantes physicochimiques, est très colorée, d'odeur forte, de saveur peu agréable, non siccative, à indice d'iode élevé; elle pourrait être utilisée en savonnerie et peut-être en parasitologie agricole comme insecticide.

Le tourteau, par blutage, donne une farine très riche en aleurone et par suite très nutritive, mais ne renfermant que des traces d'amidon ; donc non panifiable. De plus il contient certains principes toxiques, qui existent également dans la partie végétative de la plante et ont provoqué, en Allemagne, il y a environ 70 ans, des ravages considérables dans les troupeaux de moutons (maladie dite de la lupinose en Poméranie, 1880) dont la cause est encore mal connue.

Deux méthodes s'offrent à nous pour éliminer ces produits amers alcaloïdiques indésirables des graines : 1° la *détoxication* de la graine ou du tourteau, étudiée particulièrement en Allemagne dès avant la guerre de 1914 et depuis, à l'aide de procédés permettant d'enlever, rapidement et sans frais élevés, l'amertume et les principes toxiques et d'obtenir des graines renfermant au maximum 0,10 % d'alcaloïdes. De nombreux brevets ont été pris : macération dans l'eau froide ou bouillante, acidulée ou alcalinisée; emploi d'eau à 70° max. pour ne pas coaguler l'albumine, séchage artificiel de la récolte, traitement par la vapeur d'eau sous pression par les solvants etc. ; 2° la *sélection génétique*, visant à obtenir naturellement des plantes dépourvues au moins en partie d'alcaloïdes (environ 0,05 %) et auxquelles on a donné le nom de *lupins doux*, c'est-à-dire privés de l'amertume des lupins ordinaires : des travaux très poussés ont été effectués dans ce sens depuis 1926 en Allemagne, et, dans notre pays et avec succès, il y a quelques années par Em. Miège au Maroc.

Peut-être arrivera-t-on, dans un avenir prochain, à obtenir par sélection suffisamment de graines de Lupin pour la culture en grand; mais, actuellement, il faut encore utiliser l'un des procédés de désintoxication pour obtenir en quantités appréciables des graines de Lupin inoffensives.

Ce sont des graines ainsi traitées qui ont servi, lors de la grande guerre, à fabriquer en Allemagne du pain avec des farines de Lupin et de Blé. En 1921, nous avons fait préparer à Rouen un pain de Lupin avec de la farine de Lupin blanc, détoxiquée au préalable avec de l'eau chlorhydrique et mélangée dans

(²) Constituées en partie par de la lupanine, de la lupinine et de la lupinidine identifiée à la spartéine.

la proportion de 1/5, à la farine de Blé. Un pain de 1^{kg} a été ainsi obtenu par un boulanger de la ville : il avait bonne apparence; sa section était blanchâtre, sans odeur ni saveur désagréables : 500^{g} ont été employés à faire de la pâtée pour une jeune chienne, qui n'a pas été incommodée par l'absorption : le reste a été absorbé sans inconvénient par nous.

Étant donnée la richesse en matières protéiques de la farine de Lupin (environ 40 %) et compte tenu de la perte en ces produits lors de la détoxication, cette farine par mélange 1/5 à la farine de blé pourrait permettre d'obtenir un succédané du Blé qui rendrait de grands services actuellement, alors que notre stock de Blé est déficitaire et que le pain menace de disparaître de nos tables durant quelques semaines. Le pain de Froment-Lupin, non seulement aurait une teneur en matières azotées plus élevée que le pain ordinaire, près du double, mais de plus (et c'est un point d'importance capitale pour le moment) il permettrait d'économiser environ 1/5 de notre farine de Blé. Il serait nécessaire, évidemment, de faire des essais préalables avant d'envisager la fabrication en grand.

D'autre part la culture du Lupin blanc pour graines devrait être intensifiée dans notre pays, notamment en bordure de la Méditerranée et de l'Océan, dans le Massif Central et dans notre domaine africain, ainsi que nous l'avions demandé dès 1939 et dans notre rapport de juillet 1940 sur *la question du Lupin*, adressé à M. le Ministre de l'Agriculture.

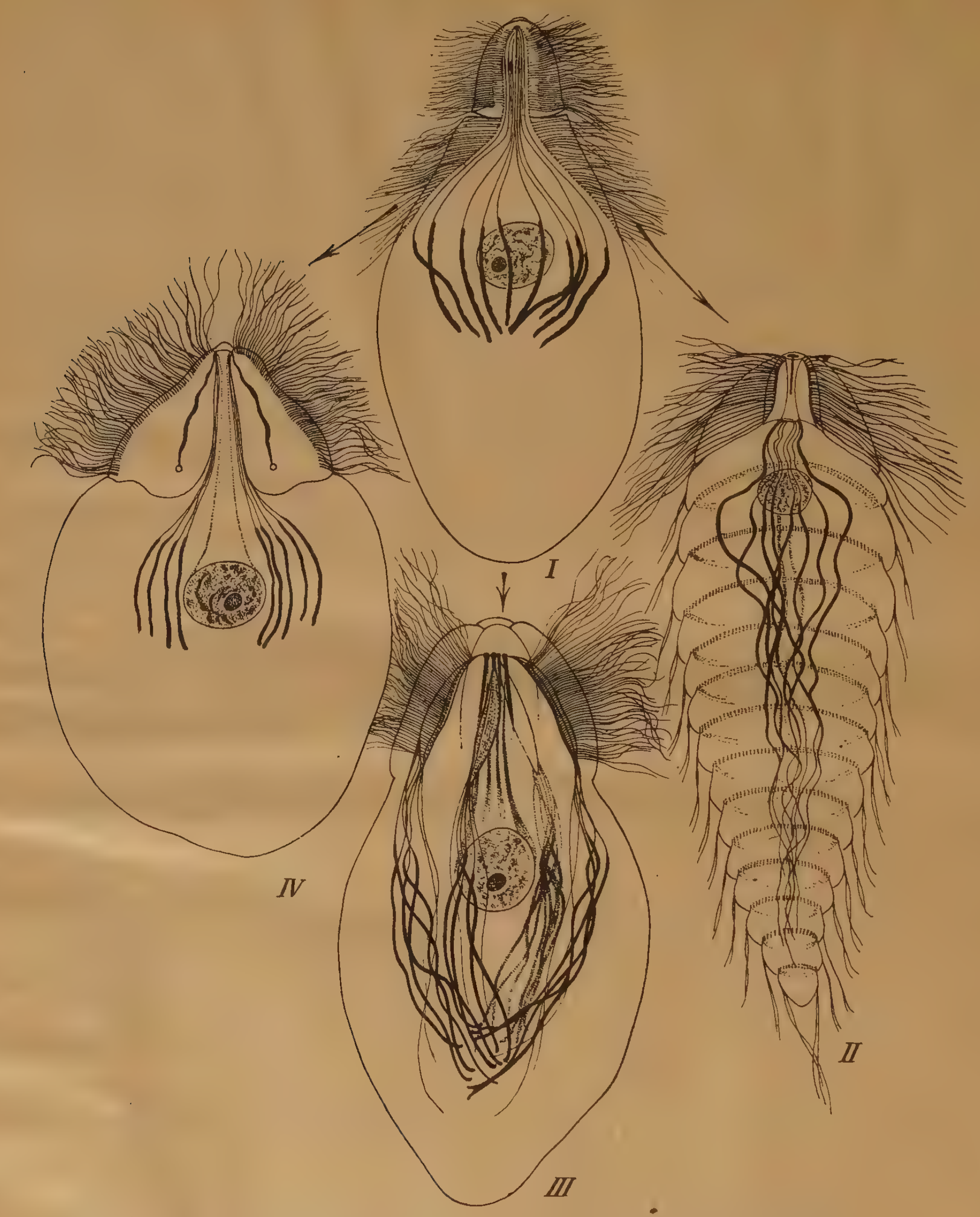
Plante peu exigeante, très facile à cultiver sous climat chaud et sec, même en terrain pauvre mais sablonneux, non calcaire, enrichissant le sol en azote par ses nodosités, le Lupin blanc fournirait ainsi une graine (pesant 65-70^{kg} à l'hectolitre; 100^{g} renferment environ 340 graines: ensemencement 60^{kg} à l'hectare), dont la farine, privée d'amertume, servirait dans l'*alimentation humaine*, en plus de la fabrication du pain, à confectionner des mélanges pour potages, pour gâteaux, avec d'autres farines de légumineuses; à enrichir certains mets en albumine, très digestibles et à les rendre très nourrissants; dans l'*alimentation du bétail*, ces mêmes graines pourraient être utilisées en bouillies ou mélangées à des substances pauvres en azote, mais riches en glucides : exemples, fourrages mélassés.

PROTISTOLOGIE. — *Les affinités et l'évolution des Trichonymphines.* Note de MM. Pierre-P. Grassé et André Hollande, présentée par M. Maurice Caullery.

Parmi les Hypermastigines, Flagellés symbiotes des Termites et des Blattes, les familles des *Trichonymphidæ*, *Eucomonymphidæ*, *Teranymphidæ*, *Hoplonymphidæ* et *Staurojoeninidæ* forment, selon nous, un ensemble très homogène, qui gravite autour du genre *Trichonympha*. Les véritables affinités de ces formes complexes n'ont pas été comprises correctement jusqu'ici.

Dans *Trichonympha* l'unique centrosome, en forme de clou, détermine l'axe de l'animal dont il occupe le sommet: de ce centrosome partent de

nombreux filaments, équidistants, dirigés selon les génératrices d'un cône et appliqués plus ou moins exactement contre les lignes flagellaires. Les para-



1. *Trichonympha*; 2. *Teranympha*; 3. *Staurojœnina*; 4. *Barbulanympha*.

basaux pendent aux extrémités de certains filaments. L'area flagellaire est faite de lamelles parallèles et contiguës; elle couvre, comme d'un mantelet, le tiers antérieur du corps. Cette area est subdivisée transversalement par une articulation (cytarthrose) en deux régions, l'une, antérieure rostrale; l'autre post-rostrale.

A partir du genre *Trichonympha* divergent quatre rayons évolutifs :

1° *Rayon des* Trichonymphidæ, caractérisé par une area flagellaire continue, s'étendant plus ou moins vers l'arrière et sous laquelle les filaments se répartissent uniformément. Il comprend le genre *Trichonympha* lui-même et les genres *Deltotrichonympha* à area flagellaire longue, mais laissant encore une zone postérieure dénudée ; *Pseudotrichonympha* à corps entièrement recouvert de flagelles; *Eucomonympha*, qui ne diffère guère de *Pseudotrichonympha* que par son rostre très large et dont Cleveland (¹) a fait le type d'une famille.

2° *Rayon des* Teranymphidæ. Le rostre est identique à celui d'une *Trichonympha*, mais la zone flagellaire post-rostrale s'est découpée en anneaux successifs, séparés par de grands intervalles dénudés; le corps prend un aspect annelé (strobilation). Un seul genre : *Teranympha*.

3° *Rayon des* Hoplonymphidæ. L'area flagellaire s'est coupée en deux moitiés égales; en même temps le centrosome s'est dédoublé, les filaments et les parabasaux se sont répartis en deux groupes. Au total le Protiste est fait de deux moitiés égales et symétriques (symétrie bilatérale), mais le noyau reste indivis : Genres *Hoplonympha*, *Barbulanympha*, *Rhynchonympha*, *Urinympha*.

4° *Rayon des* Staurojoeninidæ. L'area flagellaire s'est découpée en quartiers. Le centrosome et ses dérivés ont subi la même quadruplication, et il s'est constitué de la sorte quatre antimères; chacun d'eux se compose d'un centrosome, d'un ruban suspenseur et d'un complexe de filaments et de parabasaux (symétrie tétraradiaire). Le noyau est resté indivis. Genres : *Staurojoenina* et *Idionympha*.

Dans les deux premiers rayons, l'area flagellaire a seule été modifiée. Dans les deux autres, tout le complexe centro-blépharoplastique a été intéressé par l'évolution. Du fait de la fissuration de l'area et de la répartition en groupes distincts des filaments, le rostre a pratiquement perdu son individualité.

Selon nous, les Hypermastigines se composent de trois phylums distincts : 1° *Lophomonadina* (*Lophomonadidæ*, *Kofoidiidæ*, *Jœniidæ*); 2° *Holomastigotina* (*Holomastigotidæ*, *Spirotrichonymphidæ*); 3° *Trichonymphina*, dont le détail a été donné ci-dessus. Les *Lophomonadina* manquent peut-être d'homogénéité, car la structure d'un *Lophomonas* est bien différente de celle d'un *Jœnia*. Les rapports entre eux et les autres sous-ordres restent à préciser. On peut supposer que les *Holomastigotina* sortent de quelques Polymastigotes, dont la touffe flagellaire s'est dissociée en séries linéaires spiralées et ne dérivent point directement des *Lophomonadina*. Quant aux *Trichonymphina*, elles dérivent probablement d'*Holomastigotina*, à lignes flagellaires presque rectilignes et serrées; de telles formes sont d'ailleurs connues; enfin, les lignes flagellaires des deux sous-ordres ont la même structure fondamentale (²).

Notre manière de comprendre les Hypermastigines rappelle celle qu'exposait Dogiel en 1922 (³); il admettait deux grands phylums, les *Lophomonadina* et les *Trichonymphina*, divisant ces dernières en Léiotriches (*Trichonympha*) et Dexiotriches (*Holomastigotes*), mais utilisait plusieurs caractères reconnus inexacts depuis.

(¹) *Mémoirs of the American Academy Sc.*, **17**, 1934, p. 185.

(²) O. Duboscq et P. Grassé, *Arch. Zool. Exp. et Gén.*, 67, 1928, p. 159; *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 367.

(³) V. Dogiel, *Arch. de la Soc. Russe de Protistologie*, **1**, 1922, pp. 172-234.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les étapes de la croissance chez la Limace rouge* (Arion rufus *L.*). Note [1] de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié le cycle complet de la croissance pondérale d'*Arion rufus* L., élevée dans des conditions constantes, à la température de 20° et en présence d'une nourriture surabondante. Le développement peut être obtenu en toute saison, sans diapause hivernale ou estivale. Le poids passe d'une vingtaine de milligrammes à une vingtaine de grammes, et les variations du poids en fonction du temps sont représentées par une courbe ayant une forme générale en S. Mais l'étude des variations du logarithme du poids en fonction du temps est plus suggestive : le graphique représentant ces variations comprend deux segments de droites de pentes différentes se succédant, indiquant l'existence de deux phases de croissance, toutes deux exponentielles.

La première phase de croissance, débutant à l'éclosion, correspond à un accroissement rapide, caractérisé par un doublement du poids tous les 10 jours. Elle prend fin, en moyenne, 2 mois et demi après la naissance, alors que le poids des animaux atteint en général 3 à 4^g. La seconde phase de croissance est beaucoup plus lente, l'animal exigeant près de deux mois pour doubler son poids. La ponte se produit à un âge variable, au terme d'une troisième période, durant laquelle le poids reste stationnaire ou décline lentement.

Le passage de la première loi de croissance à la suivante apparaît nettement lorsqu'on suit les variations de poids d'un individu isolé. L'époque critique de transition peut être marquée par une chute temporaire de poids. Elle ne correspond pas au même poids chez tous les individus : les différences, déjà sensibles entre animaux issus d'une même ponte, paraissent plus grandes entre individus de lignées différentes; mais les taux de croissance caractéristiques des deux périodes restent invariables.

J'ai recherché si le passage du premier régime de croissance au second était accompagné d'une modification de la croissance relative des organes. Le foie paraît représenter, à tous les âges, la même fraction (1/10 environ) du poids frais du corps. Par contre, la glande hermaphrodite, indifférenciée durant la première phase de croissance, présente, au cours de la seconde, une croissance allométrique majorante : au début de cette période, elle représente seulement 1/1000 du poids frais de l'organisme, alors qu'elle atteint chez l'adulte 1/50 du poids du corps. L'époque critique qui sépare les deux premières phases de croissance correspond donc à une crise prépubertaire. La première étape de la croissance peut être qualifiée d'infantile, la seconde de juvénile. Quant à la troisième étape de la vie individuelle, elle correspond à la maturité et au développement des organes glandulaires de l'appareil génital.

Lorsqu'un individu, pris à un stade quelconque de sa croissance infantile,

(1) Séance du 15 juin 1942.

est soumis à un jeûne de plusieurs mois, il peut être réduit à un poids (8^{mg}, par exemple) bien inférieur à son poids de naissance. Dès qu'il est à nouveau nourri, il reprend sa croissance selon le taux caractéristique de la période infantile, et la suite de son développement ne paraît pas sensiblement modifiée. Par contre, si un individu est soumis au jeûne après qu'il a franchi la crise prépubertaire et se trouve dans la phase juvénile de sa croissance, il peut être réduit à un poids inférieur à celui qui correspond à la crise prépubertaire, mais son taux de croissance, lorsqu'il est rénourri, ne dépasse pas celui qui caractérise la période juvénile. La modification physiologique profonde qui correspond à la crise prépubertaire n'est donc pas réversible sous l'influence du jeûne, et les deux états, infantile et juvénile, ne doivent pas être considérés comme liés au poids global de l'organisme.

PROTISTOLOGIE. — *L'évolution de la morphologie par rapport à l'hôte dans le genre* Trypanosoma. Note de M. **Georges Lavier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Plusieurs tentatives ont été faites pour démembrer le genre *Trypanosoma* dont le nombre des espèces est considérable, mais elles n'ont jusqu'à présent pas abouti à des systèmes viables. On n'a pu en effet trouver de bases légitimant des coupures génériques ou subgénériques nettes et indiscutables. Des groupements d'espèces ont été proposés par Wenyon (1926), dont Hoare a ensuite (1931, 1933, 1936) complété et développé les vues; basés en premier lieu sur la notion toute biologique du cycle évolutif et du mode de transmission de l'espèce, ils prêtent à de graves critiques qui ne sauraient trouver place ici. Par contre, si l'on se base sur le seul point de vue de la morphologie, il est possible de répartir les espèces en un nombre restreint de types. Ces catégories ne peuvent être délimitées de façon nettement tranchée (auquel cas elles auraient alors la valeur de sous-genres), mais elles ont cependant une valeur naturelle supérieure à celles du système précédent: les difficultés mêmes de démarcation entre les types ont un grand intérêt, car elles donnent des indications précieuses sur la façon dont a évolué la morphologie à l'intérieur du genre.

Mais il convient tout d'abord, avant de comparer les espèces entre elles, de bien préciser sur quoi portera la comparaison : en effet, au cours de l'infestation du vertébré, le trypanosome revêt plusieurs aspects successifs et qui peuvent être assez différents: les premiers stades, juvéniles, peuvent être intéressants par les affinités qu'ils décèlent, mais le sont beaucoup moins pour une comparaison d'ensemble, à cause de la pauvreté de leurs caractères. Les formes terminales de l'infection, les formes *adultes* (pour employer le terme courant), de plus grande taille, offrent au contraire le maximum de détails structuraux : ce sont donc elles qui doivent servir de base.

Il est encore un autre point à préciser préalablement : des Trypanosomes ont

été rencontrés chez des invertébrés; pour certains il s'agit simplement de stades dans l'évolution cyclique d'un parasite de vertébrés; pour d'autres, observés chez des insectes non piqueurs, ce sont moins des Trypanosomes vrais que des *Trypanoïdes*, suivant l'expression de Chatton, et je les laisserai de côté pour n'envisager que les espèces parasites de vertébrés. Mais parmi celles-ci je réserverai, pour le moment, le groupe couramment appelé *Trypanosomes pathogènes des mammifères*, c'est-à-dire les espèces (au sens large) qui suivent : *T. evansi*, *T. equiperdum*, *T. brucei*, *T. congolense* et *T. vivax*. Elles forment, en effet, par rapport aux autres, un groupe aberrant, non pas tant, toutefois, à cause de leur pouvoir pathogène, que pour d'autres caractères particuliers sur lesquels je reviendrai plus tard, en envisageant comment ce groupe peut être rattaché à l'ensemble du genre.

Cette réserve faite, la comparaison entre formes adultes des espèces trypanosomiennes de vertébrés amène aux conclusions suivantes :

Ces espèces peuvent être groupées en cinq types morphologiques entre lesquels des transitions existent.

Le premier type, certainement le plus ancien, est représenté par un trypanosome allongé, mince, à membrane ondulante bien développée, à kinétoplaste situé à une certaine distance de l'extrémité postérieure. Un bon exemple en est fourni par *T. rajæ* de la raie. Ce type se rencontre chez les Poissons, chez qui il peut présenter une variation secondaire en importance : déplacement vers l'arrière du kinétoplaste, qui devient terminal ou subterminal. Il se prolonge chez les Urodèles, avec une tendance à l'élargissement et chez les Chéloniens, avec élargissement et déplacement du noyau vers l'arrière. Des formes de ce type ont été décrites chez des Ophidiens, mais il est probable qu'il ne s'agissait pas alors de formes adultes.

Le second type continue le premier et en dérive par l'augmentation du déplacement en avant du kinétoplaste, déplacement en arrière du noyau, et enfin élargissement. Il apparaît chez les Anoures et les Reptiles (Sauriens, Ophidiens et Crocodiliens) où il est représenté par de grandes et belles formes dont *T. mega* d'un crapaud est une des plus caractéristiques. Il se prolonge chez les Oiseaux et chez les Mammifères. Chez ces derniers, il aboutit aux grands trypanosomes de ruminants et à des formes de moins grande taille dont certaines rencontrées chez des Primates.

Un troisième type, dont *T. rotatorium* des Grenouilles peut être pris pour chef de file, dérive du premier par exagération de l'élargissement aboutissant, après une série de formes trapues, à des individus globuleux n'ayant à première vue que peu de rapports avec les autres espèces. Ce type, qui s'est largement épanoui chez les Anoures et les Sauriens, représente un véritable cul-de-sac dans l'évolution du genre.

Le quatrième type apparaît chez les Oiseaux; il dérive manifestement du second dont les formes préadultes ont avec lui les plus grandes ressemblances. Il se prolonge avec une nette diminution de la taille chez les Mammifères où on

le rencontre des Édentés aux Primates. Il est trapu, large, à noyau médian et kinétoplaste assez éloigné de l'extrémité postérieure.

Le cinquième type ne se rencontre que chez les Mammifères, où il est bien représenté par *T. lewisi* et les nombreuses espèces voisines. Il provient du précédent par amincissement, la déviation du kinétoplaste vers l'avant est moindre; par contre le noyau tend vers une position antérieure. Il est répandu chez les Insectivores, les Chéiroptères et surtout les Rongeurs, mais s'observe également chez les Primates. Une espèce de ce type, *T. cruzi*, est pathogène.

Ainsi le genre *Trypanosoma*, primitivement monotone, a brusquement diversifié sa morphologie chez les Amphibiens et les Reptiles, puis une régression continue s'est établie. Il est curieux de constater que, dans son ensemble, l'évolution du parasite se trouve parallèle à celle de ses hôtes, et il n'est pas interdit de formuler l'hypothèse, à jamais d'ailleurs vérifiable, que le plus bel épanouissement morphologique du genre *Trypanosoma* eut lieu à l'époque secondaire.

L'étude des formes qui précèdent les stades adultes permet de saisir le mécanisme de ce phénomène régressif. Celui-ci paraît lié en effet à la diminution de longévité individuelle dans l'espèce : relativement considérable pour les parasites de poissons, amphibiens et reptiles, la durée de chaque individu, nécessaire pour atteindre la plus grande complexité morphologique, se restreint ensuite. C'est cette diminution de la longévité qui a pour conséquence à la fois la diminution de taille et la simplification de forme, les stades les plus différenciés, qui sont forcément les plus tardifs, n'étant pas atteints; c'est ainsi que le quatrième type, qui apparaît chez les Oiseaux, n'est, devenu ici stade adulte, que le stade préadulte du second type, beaucoup plus ancien.

IMMUNOLOGIE. — *Vaccin aux xanthates contre le typhus épidémique.* Note (1) de M. **Paul Durand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans la préparation du vaccin contre le typhus exanthématique, l'emploi comme antiseptiques de divers xanthates alcalins présente des avantages certains. Les expériences suivantes ont été faites à partir de poumons de souris infestées de typhus épidémique par voie respiratoire (2). Le produit de broyage, dilué dans l'eau salée phosphatée et débarrassé des débris cellulaires par centrifugation, est additionné de proportions diverses d'isoamylxanthate de K ou d'éthylxanthate de Na, dont les propriétés semblent équivalentes.

L'action virulicide peut être évaluée rapidement par injection des différentes préparations dans le derme du Lapin. Alors que des réactions intenses se manifestent aux points d'inoculation du virus pur, même pour des doses

(1) Séance du 15 juin 1942.

(2) P. Durand et H. Sparrow, *Comptes rendus*, 210, 1940, pp. 420-422.

de 1/32 000 à 1/64 000 de poumon, aucune réaction n'est provoquée par 1/500 de poumon mis en contact préalable depuis 90 minutes avec des solutions de xanthate à 1/100, 1/300, 1/1000, 1/3000, 1/10 000 (volume total injecté, 0^{cm^3},2). Suivant les animaux, la réaction commence à apparaître avec des mélanges contenant seulement 1/30 000 ou 1/100 000 de xanthate.

Des données plus précises sont obtenues en inoculant dans le péritoine des séries de cobayes avec 1^{cm^3} des mêmes mélanges correspondant à 1/100 de poumon. Cette dose de virus à l'état pur détermine après une incubation pouvant descendre à 24 ou 36 heures, une réaction fébrile intense, souvent accompagnée d'orchi-vaginalite, bien qu'il s'agisse de virus épidémique. Après 30 minutes d'action *in vitro* de l'antiseptique, les mélanges sont encore virulents, à moins que la proportion ne dépasse 1/3 000. Après 90 minutes, seuls provoquent de la fièvre des mélanges à 1/30 000 et 1/100 000.

Les cobayes qui ont reçu des inoculations non virulentes se montrent à l'épreuve fortement immunisés.

66 cobayes, répartis en 8 lots de 6 à 10 animaux, sont traités par inoculation péritonéale de 1^{cm^3} de divers vaccins contenant de 1/50 à 1/100 de poumon, avec une teneur en xanthate de 1/100 à 1/500. Les vaccins correspondant à chaque lot ont été préparés et conservés à + 4° depuis 67, 61, 54, 47, 42, 11 jours, 24 heures, ou 80 minutes. Aucun animal ne fait de fièvre vaccinale. L'épreuve a lieu 29 jours plus tard, par inoculation péritonéale de chaque cobaye avec 1^{cm^3} d'un mélange de sangs virulents provenant de six cobayes typhiques : les dix cobayes témoins réagissent nettement, alors que des vaccinés trois seuls font de la fièvre. Ce sont :

n° 48, fébrile du 11e au 19e jour; il avait reçu 1/100 de poumon traité par du xanthate à 1/100 et conservé 54 jours.

n° 54, fébrile du 11e au 15e jour; il avait reçu 1/100 de poumon traité par du xanthate à 1/150 et conservé 37 jours.

n° 63, fébrile du 10e au 12e jour; il avait reçu 1/50 de poumon traité par du xanthate à 1/100 et conservé 42 jours.

A noter que n° 48 et n° 54 ont mis bas entre la vaccination et l'épreuve.

Du sang, prélevé à chacun des trois cobayes le deuxième jour de la fièvre, a été inoculé à deux autres cobayes pour vérifier la nature typhique de la réaction thermique. La réponse a été positive pour n° 63, douteuse pour les deux autres.

Une seule injection de vaccin au xanthate a donc immunisé solidement au moins 63 cobayes sur 66, proportion qu'on est loin d'atteindre avec une injection de vaccins formolés ou phéniques, même plus riches en rickettsies ([3]).

Environ 100 000 vaccinations humaines ont été pratiquées en Afrique du Nord avec le vaccin au xanthate. Les résultats en seront publiés ultérieurement. On peut cependant indiquer déjà quelques faits bien établis. Trois

([3]) P. Durand et P. Giroud, *Comptes rendus*, 210, 1940, pp. 493-495.

injections successives donnent de façon sensiblement constante une excellente immunité. Une seule injection, en milieu indigène nord-africain infesté, suffit à arrêter une épidémie ou à la transformer en quelques cas isolés. Une seule injection pratiquée chez un sujet en cours ou même en fin d'incubation de typhus épidémique, abrège presque toujours la maladie, la rend plus bénigne.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement du Bacille pyocyanique chez la Puce du Rat* Xenopsylla Cheopis. Note de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Émile Roubaud.

Legroux et ses collaborateurs ([1]) ont montré que le Bacille de Whitmore devait être rangé dans la même famille que le Bacille pyocyanique. Nous avons pu, au cours d'études portant sur ces deux Microbes, non seulement confirmer entièrement les expériences de Legroux, mais aussi apporter quelques nouveaux faits précisant encore cette parenté. Parmi ces faits, l'un des plus intéressants nous semble être l'identité de comportement des deux Bacilles chez la Puce du Rat.

Nous avons montré que le Bacille de Whitmore se multiplie chez la Puce qui pique un animal infecté, qu'il se conserve longtemps chez cet insecte, passe dans les déjections et peut être transmis par piqûre de la Puce infectée ([2]).

Nous avons fait la même expérimentation avec le Bacille pyocyanique, en en utilisant deux souches fortement pathogènes, les souches F et S.

Infection expérimentale de la Puce sur le Cobaye. — Dans une cuve contenant plusieurs milliers de puces d'élevage neuf, nouvellement écloses et n'ayant encore jamais piqué, sont introduits des cobayes inoculés par voie sous-cutanée avec des cultures de Bacille pyocyanique; les animaux ne sont placés dans la cuve qu'au moment de la période agonique, pour assurer une infection plus sûre des puces.

Trois ou quatre cobayes se succèdent ainsi dans la cuve pendant 3 à 4 jours, puis des cobayes neufs sont introduits dans la cuve en remplacement des cobayes infectés.

Des prélèvements de puces sont ensuite faits, à des moments variés, après la fin des repas infectants. Les puces broyées sont inoculées, par voie sous-cutanée, à des cobayes, en même temps qu'une culture du broyat est faite en bouillon.

Huit expériences, portant sur trois cuves successives, sont faites 17 heures, 24 heures, 3, 8, 16, 18, 22 et 38 jours après la fin des repas infectants. Toutes donnent des résultats positifs; les cobayes inoculés font un abcès sous-cutané dont il est facile d'isoler le bacille; les cultures, en bouillon, de puces broyées, poussent rapidement en produisant la pigmentation caractéristique. Les

([1]) R. Legroux et Pons (travail cité dans le Mémoire ci-dessous); R. Legroux et Genevray, *Ann. Inst. Pasteur*, 51, 1933, p. 249.

([2]) G. Blanc et M. Baltazard, *Comptes rendus*, 13, 1941, p. 541.

souches isolées sont reconnues identiques aux souches qui ont servi à l'inoculation ([3]).

Les cultures des déjections de puces infectées sont également positives.

Ces premières expériences montrent que la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis* s'infecte en piquant des Cobayes inoculés de souches de pyocyanique, qu'elles restent longtemps infectées, au moins 38 jours, et que le Bacille passe dans les déjections.

Transmission au Cobaye par piqûres de Puces infectées. — Alors que les Cobayes piqués par des Puces infectées de Bacille de Whitmore s'infectent et meurent en quelques jours, les cobayes piqués par des Puces infectées de bacille pyocyanique restent, au contraire, bien portants. Ce fait ne peut étonner puisque, même si les Puces inoculent le Bacille pyocyanique par piqûre, celui-ci ne peut se développer et provoquer l'infection, sa virulence étant insuffisante.

Pour vérifier si cette transmission par piqûre, rendant le parallélisme complet chez la Puce entre le Bacille de Whitmore et le Bacille pyocyanique, existait bien, nous avons imaginé la technique suivante :

Des Puces, dûment infectées de Bacille pyocyanique, sont mises dans un tube de Borrel et piquent la peau épilée de l'abdomen d'un cobaye neuf, à travers une soie à bluter de calibre très fin. Cette séance de piqûre dure environ une demi-heure. Le Cobaye est aussitôt sacrifié; la paroi abdominale est soigneusement lavée, puis on découpe aseptiquement un carré de peau au niveau des piqûres. Ce carré est saisi avec quatre pinces de Péan, et retourné sur une boîte de Petri stérile, la face interne en haut. On prélève aseptiquement plusieurs fragments du tissu cellulaire sous-cutané, qui sont immédiatement ensemencés en bouillon. Un fragment de peau totale est également ensemencé en bouillon.

Le résultat de l'expérience est parfaitement net, tous les tubes ensemencés donnent une culture de Bacille pyocyanique.

En conclusion, le Bacille pyocyanique se comporte, chez la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis*, exactement comme le Bacille de Whitmore : même infection de la Puce, même conservation chez l'Insecte, même passage dans les déjections, même transmission par piqûre.

Ce caractère biologique vient renforcer les arguments sur l'étroite parenté des deux Microbes, basés sur leur pouvoir pathogène et leurs caractères biochimique.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

L. B.

([3]) Nous avons étudié les caractères biochimiques de ces souches. Ces caractères permettent de les différencier aisément.